

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
23. August 2001 (23.08.2001)

PCT

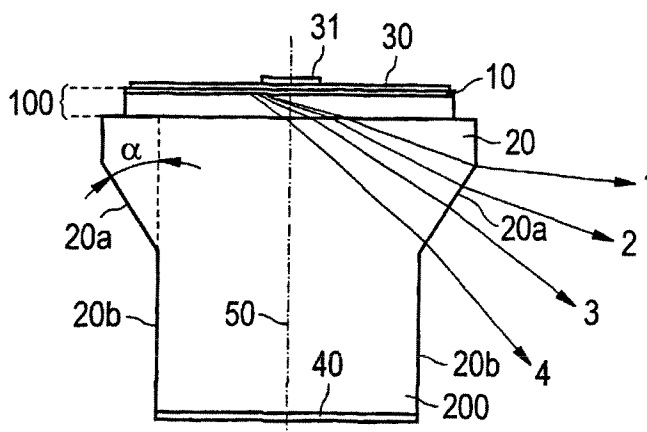
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/61764 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01L 33/00 (72) Erfinder; und  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/04269 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): EISERT, Dominik  
(22) Internationales Anmeldedatum: 30. November 2000 (30.11.2000) [DE/DE]; Agricolaweg 11, 93049 Regensburg (DE).  
(25) Einreichungssprache: Deutsch HÄRLE, Volker [DE/DE]; Eichenstrasse 35, 93164  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch Laaber (DE). KÜHN, Frank [DE/DE]; Donarweg 14,  
81739 München (DE). MUNDBROD, Manfred [DE/DE];  
Dr.-Leo-Ritter-Strasse 59, 93049 Regensburg (DE).  
STRAUSS, Uwe [DE/DE]; Erich-Kästner-Strasse 32,  
93077 Bad Abbach (DE). ZEHNDER, Ulrich [DE/DE];  
Augustenstrasse 11, 93049 Regensburg (DE).  
(30) Angaben zur Priorität: 100 06 738.7 15. Februar 2000 (15.02.2000) DE (74) Anwalt: EPPING HERMANN & FISCHER GBR;  
Postfach 12 10 26, 80034 München (DE).  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
US): OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH & AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU,  
CO. OHG [DE/DE]; Wernerwerkstrasse 2, 93049 Regens- CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
burg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: RADIATION-EMITTING SEMICONDUCTOR ELEMENT, METHOD FOR PRODUCTION THEREOF AND RADI-  
ATION EMITTING OPTICAL COMPONENT

(54) Bezeichnung: STRAHLUNGSEMITTIERENDES HALBLEITERBAUELEMENT, VERFAHREN ZU SEINER HERSTEL-  
LUNG UND STRAHLUNGSEMITTIERENDES OPTISCHES BAUELEMENT



(57) Abstract: The invention relates to a radiation-emitting semiconductor component with a multi-layered structure (100), contain-  
ing a radiation emitting active layer (10), with electrical contacts (30, 40), for current feed to the multi-layer structure (100) and with  
a radiation transparent window layer (20). The window layer is arranged on the side of the multi-layer structure (100), facing the  
main radiating direction of the semiconductor component and comprises at least one side wall, with a first side wall part (20a), which  
is inclined, concave or stepped relative to a mid-axis of the semiconductor body perpendicular to the multiple layer series. Seen  
from the multiple layer structure the side wall continues around the rear side to form a second side wall part (20b), perpendicular  
to the multiple layer structure, in other words, parallel to the mid-axis. The window layer (20) section which comprises the second  
side wall part (20b) forms a mounting socket for the semiconductor component. The first and second side wall parts are preferably  
produced with a shaped edge by means of a saw blade. In a preferred optical component the semiconductor component is mounted  
with the window layer towards the bottom in a reflector bowl.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/61764 A1



HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), curasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR),

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

(57) **Zusammenfassung:** Strahlungsemitterndes Halbleiterbauelement mit einer Mehrschichtstruktur (100), die eine strahlungsemitternde aktive Schicht (10) enthält, mit elektrischen Kontakten (30, 40) zur Stromeinprägung in die Mehrschichtstruktur (100), und mit einer strahlungsdurchlässigen Fensterschicht (20). Die Fensterschicht ist ausschliesslich an der von einer Hauptabstrahlrichtung des Halbleiterbauelements abgewandten Seite der Mehrschichtstruktur (100) angeordnet und weist mindestens eine Seitenwand auf, die einen schräg, konkav oder stufenartig zu einer senkrecht Mehrschichtenfolge stehenden Mittelachse des Halbleiterkörpers hin verlaufenden ersten Seitenwandteil (20a) enthält. Gesehen von der Mehrschichtstruktur geht im weiteren Verlauf zur Rückseite hin die Seitenwand in einen senkrecht zur Mehrschichtstruktur, das heisst parallel zur Mittelachse verlaufenden zweiten Seitenwandteil (20b) über und der den zweiten Seitenwandteil (20b) umfassende Teil der Fensterschicht (20) bildet einen Montagesockel für das Halbleiterbauelement aus. Die ersten und zweiten Seitenwandteile werden besonders bevorzugt mittels eines Sägeblattes mit Formrand hergestellt. Bei einem bevorzugten optischen Bauelement ist das Halbleiterbauelement mit der Fensterschicht nach unten in eine Reflektorwanne montiert.

## Beschreibung

Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement, Verfahren zu  
seiner Herstellung und strahlungsemittierendes optisches Bau-  
5 element

Die Erfindung betrifft ein strahlungsemittierendes Halblei-  
terbauelement, bei dem einer Mehrschichtstruktur mit einer  
strahlungserzeugenden aktiven Zone eine Fensterschicht zur  
10 Auskopplung von Strahlung zugeordnet ist.

Sie bezieht sich im Besonderen auf ein strahlungsemittieren-  
des Halbleiterelement mit einer auf einem SiC-basierten Auf-  
wachssubstrat aufgebrachten Nitrid-basierten aktiven Mehr-  
15 schichtstruktur und auf ein mit einem solchen strahlungsemit-  
tierenden Halbleiterelement ausgestatteten strahlungsemittie-  
renden optischen Bauelement.

Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Herstellen  
20 des strahlungsemittierenden Halbleiterelements sowie eines  
optischen Bauelements mit einem derartigen Halbleiterkörper.

Typischerweise werden für strahlungsemittierende optische  
Bauelemente, insbesondere für Lumineszenzdiode-Bauelemente,  
25 derzeit im Wesentlichen ausschließlich quaderförmige strah-  
lungsemittierende Halbleiterelemente eingesetzt, die in der  
Regel in transparentes Vergußmaterial eingebettet sind. Eine  
große Schwierigkeit bereitet hierbei der große Unterschied  
der Brechungsindices von üblichen Halbleitermaterialien opti-  
30 scher Halbleiterelemente ( $n > 2,5$ ) und den herkömmlich zur  
Verfügung stehenden Vergußmaterialien (zum Beispiel Epoxid-  
harz;  $n_{\text{Epoxy}} \cong 1,5$ ). Der Grenzwinkel der Totalreflexion an der  
Grenzfläche zwischen Halbleiterkörper und Vergußmaterial ist  
folglich sehr klein. Dies ist Ursache dafür, daß aufgrund von  
35 Totalreflexion an den Chipoberflächen ein erheblicher Teil  
des in der aktiven Zone erzeugten Lichts nicht aus dem Halb-  
leiterkörper ausgekoppelt wird und in dessen Innerem verloren

geht. Bei vorgegebenem elektrischen Strom, der das Halbleiter-Bauelement zur Erzeugung des Lichts durchfließt, ist damit die Helligkeit des Bauelements begrenzt.

- 5 Bei GaN-basierten Leuchtdiodenchips, bei denen die Epitaxieschichtenfolge auf einem Substrat (beispielsweise einem Siliziumcarbid-Substrat) angeordnet ist, das einen höheren Brechungsindex aufweist als die Epitaxieschichtenfolge, tritt  
10 zudem das besondere Problem auf, dass bei herkömmlicher quadrartiger Chipgeometrie der durch die Substratflanken ausgekoppelte Strahlungsanteil in einem sehr spitzen Winkel zur Substratflanke in Richtung Chiprückseite ausgekoppelt wird. Diese Strahlung trifft somit in einem sehr steilen Winkel und sehr nah am Chip auf eine Gehäusemontagefläche, auf der der  
15 Chip befestigt ist. Dies zieht die Nachteile nach sich, dass erstens aufgrund des spitzen Einfallswinkels ein großer Teil der Strahlung in der Chipmontagefläche absorbiert wird und zweitens eine erhebliche Gefahr besteht, dass ein gewisser Teil der Strahlung auf den zur Befestigung des Chips üblicherweise verwendeten Leitklebers trifft und von diesem ab-  
20 sorbiert wird.

In der DE 198 07 758 A1 ist ein strahlungsemittierender Halbleiterkörper vorgeschlagen, bei dem zur Lichtausbeute-Erhö-  
25 hung der aktiven Zone in der vorgesehenen Abstrahlrichtung des Halbleiterkörpers eine sogenannte primäre Fensterschicht nachgeordnet ist, dessen durchgehende Seitenoberfläche mit der Erstreckungsebene der mehrschichtigen Heterostruktur einen stumpfen Winkel einschließt. Die durchgehende Seitenober-  
30 fläche schließt mit der Ebene der aktiven Zone einen stumpfen Winkel zwischen  $110^\circ$  und  $140^\circ$  ein. Die primäre Fensterschicht ist hierbei von dem Aufwachssubstrat oder von einer auf diesem gesondert aufgewachsenen epitaxialen Schicht gebildet.

- 35 Zusätzlich kann der Halbleiterkörper gemäß DE 198 07 758 A1 eine weitere, sogenannte sekundäre Fensterschicht aufweisen, die an der von der primären Fensterschicht abgewandten Seite

der aktiven Zone, das heißt an der Unterseite des Halbleiterkörpers, mittels Epitaxie oder Waferbonden aufgebracht ist und deren durchgehende Seitenoberfläche mit der Ebene der aktiven Zone einen Winkel zwischen  $40^\circ$  und  $70^\circ$  einschließt. Der Halbleiterkörper weist folglich von der Oberseite zur Unterseite durchgehend schräg stehende Chipflanken auf.

Diese Chipgeometrie dient in erster Linie dazu, die parallel zur aktiven Zone verlaufende Oberfläche des Chips größer als die aktive Zone zu machen und zu erreichen, daß Licht, das auf die schräg stehenden Seitenwände des primären Fensters auftrifft, zur vorgesehenen Abstrahlrichtung hin vollständig intern zu reflektieren.

Die sekundäre Fensterschicht erfüllt zusätzlich die Aufgabe, von der aktiven Zone nach hinten, das heißt in Richtung Montagefläche des Halbleiterkörpers ausgesandtes Licht über die schräg stehenden Seitenflächen der sekundären Fensterschicht aus dem Halbleiterkörper auszukoppeln.

Um eine Auskopplung von Licht in Rückwärtsrichtung zu vermindern und dieses Licht vorzugsweise bereits im Halbleiterkörper zur Vorderseite hin umzulenken, ist eine reflektierende Beschichtung der gesamten schräg stehenden Chipflanken vorgesehen.

Diese bekannte Chipgeometrie, die in erster Linie auf die Verbesserung der Lichtauskopplung über die Vorderseite gerichtet ist, wirft insbesondere folgende Probleme auf:

- (i) Bei der Herstellung der schrägen Seitenflächen geht ein erheblicher Flächenanteil der auf dem Wafer vorhandenen aktiven Epitaxieschichtenfolge verloren, weil diese mittels Herstellen eines V-förmigen Grabens von der Seite der aktiven Zone her erzeugt werden.
- (ii) Die Dicke der sekundären Fensterschicht ist stark begrenzt, damit eine ausreichend große Chip-Montagefläche

- che erhalten bleibt, bei der
- kein Verkippen des Chips bei dessen Montage in ein Leuchtdiodengehäuse auftritt,
  - eine Stromaufweitung auf möglichst die gesamte aktive Zone gewährleistet ist,
  - eine ausreichende Wärmeabfuhr von der aktiven Zone gesichert ist und
  - der Chip ausreichende mechanische Stabilität aufweist. Sie beträgt daher bevorzugt nur ca. 10 bis 40% der seitlichen Breite der aktiven Zone.
- 10 (iii) Die schrägen Seitenflanken bilden zusammen mit der Chipmontagefläche eines Leuchtdiodengehäuses einen keilförmigen Spalt aus, der bei herkömmlichen Kunststoff-LED-Gehäusen in der Regel mit transparentem Vergußmaterial gefüllt ist. Bei Erhöhung der Bauelementtemperatur während des Betriebs und/oder aufgrund Erhöhung der Umgebungstemperatur, wie sie beispielsweise bei Anwendungen in Kraftfahrzeugen auftritt, wirken aufgrund der hohen thermischen Ausdehnung üblicher Vergußmassen erhebliche mechanische Kräfte auf den Chip, wodurch die Gefahr einer Delamination des Chips von der Chipmontagefläche des Gehäuses im Vergleich zu quaderförmigen Chips erheblich gesteigert ist.
- 15 20 (iv) Die Herstellung der sekundären Fensterschicht ist mit einem erheblichen technischen Aufwand verbunden, weil diese zusätzlich separat aufgewachsen oder mittels Waferbonden zusätzlich aufgebracht werden muß.
- 25 (v) Die untere Fläche des Chips, die die Montagefläche darstellt, ist die kleinste Fläche des Halbleiterkörpers, über der der weitausladende obere Fensterbereich angeordnet ist. Daher besteht die große Gefahr, daß bei einer herkömmlich in der Chipmontage eingesetzten automatischen Chip-Montagetechnik, in der Regel ein Pick- and Place-Verfahren, eine Verkipfung des Chips und damit ein Verkippen der Abstrahlachse des entsprechenden Leuchtdiodenbauelements auftreten
- 30 35

kann. Diese Gefahr wird reduziert, wenn nur eine primäre Fensterschicht und keine sekundäre Fensterschicht vorhanden ist.

- (vi) Die Dicke der eventuell vorhandenen unteren Fensterschicht muß aus den oben unter (ii) und (v) genannten Gründen möglichst gering gehalten werden. Dies bringt jedoch mit sich, daß dieses Fenster zu einem wesentlichen Teil von einem zur Montage von Leuchtdiodenchips üblicherweise verwendeten Klebstoff abgedeckt ist und damit nicht vollständig oder überhaupt nicht zur Lichtauskopplung beitragen kann.

Die Punkte (ii) und (v) nehmen mit abnehmender Kantenlänge des Chips, das heißt mit kleiner werdendem Querschnitt der aktiven Zone, was hinsichtlich möglichst großer Chipausbeute aus einem einzigen Wafer permanent angestrebt wird, an Bedeutung zu, denn je kleiner die Kantenlänge, umso kleiner wird bei der vorgeschlagenen Chipgeometrie sich ergebende Montagefläche des Chips. Die untere Fensterschicht ist aus diesen Gründen möglichst dünn ausgebildet oder weggelassen.

Die aus DE 198 07 758 A1 bekannte Chipgeometrie eignet sich, wenn überhaupt, praktisch sinnvoll nur für Materialsysteme auf der Basis von GaP, in dem sich dicke Schichten beider Leitungstypen epitaktisch erzeugen lassen, die ausreichend elektrisch leitend sind, um insbesondere die vorgeschlagene untere Fensterschicht realisieren und gleichzeitig eine Stromaufweitung auf annähernd die gesamte aktive Zone erzielen zu können.

Im Nitrid-basierten III-V-Halbleitermaterialsystem, das insbesondere GaN, InN und AlN und alle ternären und quaternären Mischkristalle auf der Basis von GaN, InN und AlN, wie beispielsweise AlGaInN, InGaInN und AlGaInN, umfaßt, weisen insbesondere p-leitend dotierte Schichten nur dann einen ausreichend geringen elektrischen Widerstand auf, wenn sie vergleichsweise dünn sind. Ein dickes unteres Fenster entspre-

chend der oben beschriebenen Anordnung lässt sich daher insbesondere bei herkömmlich verwendeten aktiven Schichtenfolgen auf der Basis von GaN, bei denen die untere Fensterschicht auf der p-leitenden Seite anzuordnen wäre, unter Inkaufnahme  
5 der oben dargelegten Schwierigkeiten nur mittels Waferbonden realisieren, was mit hohem technischen Aufwand verbunden ist.

Aus der US 5,233,204 ist eine Geometrie eines lichtemittierenden Halbleiterkörpers auf der Basis von InGaAlP bekannt,  
10 bei dem zwischen einem absorbierenden Substrat und einer aktiven Schichtstruktur eine dicke transparente Epitaxieschicht angeordnet ist, die aus GaP, GaAsP oder AlGaAs besteht. Die Seitenflächen der dicken transparenten Epitaxieschicht stehen schräg zur aktiven Schichtstruktur, derart, daß sich eine  
15 trichterförmige Schicht ergibt. Dadurch trifft mehr der von der aktiven Schichtstruktur zum Substrat hin ausgesandten Strahlung mit einem Winkel auf die Seitenfläche des transparenten Schicht, der kleiner als der Totalreflexionswinkel ist.

20 Bei der in der US 5,233,204 vorgeschlagenen Chipgeometrie treten aber erhebliche Lichtverluste auf. Zum einen aufgrund Totalreflexion an der Grenzfläche von der aktiven Schichtstruktur zur dicken transparenten Epitaxieschicht ( $\text{Brechungsindex}_{\text{aktive Schicht}} > \text{Brechungsindex}_{\text{Fenster}}$ ) und nachfolgender Absorption in der aktiven Schichtenfolge. Zum anderen aufgrund Absorption im strahlungsabsorbierenden Aufwachssubstrat. Darüber hinaus erfordert die Herstellung der als dicke transparente Epitaxieschicht hergestellten Fensterschicht einen erheblichen zusätzlichen technischen Aufwand.  
30

Zur Verbesserung der Lichtauskopplung ist an anderer Stelle vorgeschlagen worden, Halbleiterbauelemente mit beispielsweise dreiecksförmigem oder parallelogrammartigem lateralen  
35 Querschnitt zu erzeugen; siehe hierzu die Veröffentlichung Song Jae Lee, Seog Won Song: "Efficiency Improvement in Light-Emitting Diodes Based on Geometrically Deformed Chips",

SPIE Conference on Light-Emitting Diodes, San Jose, California, January 1999, Seiten 237 bis 248. In diesen Anordnungen werden die Reflexionen im Chip erhöht, weil sich die Reflexionswinkel häufig ändern. Gleichzeitig müssen daher jedoch  
5 die strahlungserzeugende Schicht, die Kontakte oder andere Schichten des Halbleiterbauelements so ausgebildet sein, daß sie möglichst wenig Licht absorbieren.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen für die Massenproduktion  
10 von Lumineszenzdiode-Bauelementen geeigneten strahlungs-emittierenden Halbleiterkörper der eingangs genannte Art mit verbesserter Lichtauskopplung anzugeben, bei dem insbesondere auch eine hohe Chipausbeute aus einem einzigen Wafer gewährleistet ist. Der Halbleiterkörper soll insbesondere zur Montage  
15 in herkömmliche Lumineszenzdiodegehäuse mittels herkömmlicher in der Halbleitertechnik verwendeter automatischer Chip-Montageanlagen geeignet sein.

Weiterhin soll ein Verfahren zum Herstellen eines derartigen  
20 Halbleiterkörpers angegeben werden.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein verbessertes strahlungsemittierendes optisches Bauelement anzugeben.  
25

Diese Aufgaben werden durch ein Halbleiterbauelement mit den Merkmalen des Anspruches 1, durch ein optisches Bauelement mit Merkmalen des Anspruches 9 bzw. durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 12 gelöst.  
30

Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 8, 10 und 11 bzw. 13 bis 15.

35 Unter „Nitrid-basiert“ fallen im Folgenden insbesondere alle binären, ternären und quaternären Stickstoff aufweisenden

III-V-Halbleiter-Mischkristalle, wie GaN, InN, AlN, AlGa<sub>N</sub>, InGa<sub>N</sub>, InAlN und AlInGa<sub>N</sub>.

5 Analog dazu ist im Folgenden mit „SiC-basiert“ jedes Mischkristall gemeint, dessen wesentliche Eigenschaften von den Bestandteilen Si und C geprägt sind.

10 Unter Aufwachssubstrat ist im Folgenden das für das epitaktische Aufwachsen der allerersten Schicht der aktiven Schichtenfolge zugrundegelegte Substrat zu verstehen.

Weiterhin ist im Folgenden unter Vorderseite oder Oberseite diejenige Seite des Halbleiterkörpers gemeint, die der aktiven Mehrschichtfolge in der vorgesehenen Abstrahlrichtung des Bauelements nachgeordnet ist. Mit Rückseite oder Unterseite 15 ist folglich die von der Vorderseite abgewandte Seite des Halbleiterkörpers gemeint.

20 Bei dem Halbleiterkörper der eingangs genannten Art weist gemäß der Erfindung die transparente Fensterschicht mindestens eine Seitenfläche auf, die, gesehen von der Mehrschichtstruktur über einen ersten Schichtdickenabschnitt der Fensterschicht schräg, konkav oder stufenartig zu einer senkrecht zur Aufwachsebene der Epitaxieschichten stehenden Mittelachse des Halbleiterkörpers hin verläuft und im weiteren Verlauf zu 25 einer Montagefläche des Halbleiterkörpers hin, das heißt über einen sich an den ersten Schichtdickenabschnitt anschließenden zweiten Schichtdickenabschnitt, parallel zur Mittelachse, das heißt senkrecht zur Montagefläche des Halbleiterkörpers 30 steht.

Die Fensterschicht ist unter Betrachtung der Montagefläche des Halbleiterkörpers als dessen Unterseite ausschließlich unterhalb der Mehrschichtstruktur angeordnet und die schräg, 35 konkav oder stufenartig verlaufenden Seitenwände des Fensters gehen in senkrecht zur Montagefläche verlaufende Seitenwand-

teile über und bilden einen quaderartigen, prismenartigen oder zylinderartigen Montagesockel.

5 Letzteres hat den besonderen Vorteil, daß die Fläche des Halbleiterbauelements auf seiner Unterseite nicht stark verkleinert ist, so daß bei einer automatisierten Montage herkömmlicher Art in ein Gehäuse Kippmomente des Chips reduziert sind und deshalb die Gefahr des Verkippens des Bauelements verringert ist.

10

Der Montagesockel hat weiterhin den Vorteil, daß der Halbleiterkörper gerade mit dem quaderartigen, prismenartigen oder zylinderartigen unteren Bauelementteil, der ohnehin wenig Licht extrahiert, in ein Gehäuse eingeklebt werden kann. Die  
15 Anbindungsfläche des Halbleiterkörpers an eine Montagefläche des Gehäuses ist aufgrund der erfindungsgemäßen Geometrie des Halbleiterkörpers ausreichend groß, um zum einen eine stabile mechanische Verbindung zwischen Halbleiterkörper und Gehäuse und zum anderen eine hinreichend große sowohl elektrische als  
20 auch thermische Kontaktfläche zu erzielen.

Ein weiterer besonderer Vorteil, der auf dem quaderartigen, prismenartigen oder zylinderartigen Montagesockel beruht, besteht darin, daß zwischen dem Halbleiterkörper und der Montagefläche eines zugehörigen Gehäuses trotz schräg verlaufender  
25 Seitenflächen kein keilförmiger Spalt ausgebildet ist, der bei herkömmlichen Kunststoff-LED-Gehäusen in der Regel mit transparentem Vergußmaterial gefüllt ist. Die Kräfte, die bei Erhöhung der Bauelementtemperatur während des Betriebs  
30 und/oder aufgrund Erhöhung der Umgebungstemperatur, wie sie beispielsweise bei Anwendungen in Kraftfahrzeugen in nicht unerheblichem Maße auftritt, den Halbleiterkörper aufgrund der hohen thermischen Ausdehnung üblicher transparenter Vergußmassen von der Montagefläche wegdrücken, sind im Vergleich  
35 zu den bekannten Chipgeometrien mit schrägen Fensterflanken deutlich verringert. Folglich ist die Gefahr einer Delamination des Chips von der Montagefläche des Gehäuses, die bei

Verwendung eines elektrisch leitfähigen Substrats zudem gleichzeitig als elektrischer Anschluß für den Halbleiterkörper dient, deutlich verringert.

- 5 Weiterhin ergibt sich durch die erfindungsgemäße Geometrie des Halbleiterkörpers der Vorteil, daß bei deren Herstellung der Verlust an aktiver Mehrschichtstruktur sehr gering gehalten ist. Nahezu die gesamte Waferfläche kann als aktive Zone für die Halbleiterkörper genutzt werden. Die mit der erfindungsgemäßen Chipgeometrie erzielte Anzahl der Halbleiterkörper pro Wafer ist gegenüber der Herstellung herkömmlicher quaderförmiger Halbleiterkörper unverändert.

- 15 Weiterhin ergibt sich der Vorteil, daß die vordere Bauelementfläche groß genug ist, um einen großen Teil der von der aktiven Zone nach vorne ausgesandten Strahlung direkt nach vorne auskoppeln zu können, ohne daß weitere Verluste, insbesondere Absorptionsverluste, in einem zusätzlichen oberen Fenster entstehen.

- 20 Die erfindungsgemäße Geometrie des Halbleiterkörpers eignet sich besonders bevorzugt insbesondere für Halbleiterkörper mit einer Nitrid-basierten aktiven Mehrschichtstruktur (das heißt aus dem Materialsystem  $\text{In}_{1-x-y}\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{N}$  mit  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$  und  $x+y \leq 1$ ) auf einem SiC-basierten Substrat oder einem anderen transparenten Substrat, dessen Material einen größeren Brechungsindex aufweist als die aktive Mehrschichtstruktur. Ein Grund hierfür ist, daß Nitrid-basierte Schichten nur dann einen ausreichend geringen elektrischen Widerstand aufweisen, wenn diese sehr dünn sind. Dies trifft ganz besonders für p-dotierte derartige Schichten zu.

- 35 Der erfindungsgemäße Halbleiterkörper ist aufgrund eines gegenüber herkömmlichen quaderförmigen Chips verbesserten Überlapps des Winkelbereichs von auf die Substratflanken auftretender Strahlung mit dem durch die Substratflanken auskoppelbaren Winkelbereich in der Lage, einen vergleichsweise großen

Teil der in der aktiven Zone erzeugten Strahlung bereits beim ersten Chipdurchlauf, das heißt beim ersten Auftreffen von Strahlung auf die Chipoberfläche, auszukoppeln. Damit ist die Totalreflexion an den Seitenflächen reduziert, die direkte  
5 Lichtauskopplung erhöht und die Absorption durch lange optische Wege und viele Reflexionen im Bauelement bzw. angrenzenden Fensterbereichen verringert.

Der schräge, konkave oder stufenartige Teil der Seitenfläche  
10 ist besonders bevorzugt derart ausgebildet, daß ein Großteil der von dem Halbleiterbauelement durch die Seitenflanken ausgekoppelten Strahlung bezogen auf die Mittelachse des Halbleiterbauelements im Winkelbereich zwischen  $50^\circ$  und  $90^\circ$  abgestrahlt wird. Damit wird vorteilhafterweise erreicht, daß bei  
15 herkömmlich für Lumineszenzdiode-Bauelemente verwendeten Gehäuse-Bauformen mit Reflektor die seitlich durch die Fensterschicht ausgekoppelte Strahlung auf die schräg stehenden Seitenwände des Reflektors treffen. Dies hat den bedeutenden Vorteil, daß die Strahlung in einem vergleichsweise stumpfen  
20 Winkel auf die Reflektor-Innenwände trifft, wodurch insbesondere bei Kunststoff-Reflektorwänden eine verbesserte Reflexion erreicht wird.

Bei herkömmlichen quaderförmigen Chips trifft, wie in Figur 2  
25 gezeigt, der Hauptteil der durch die Fensterschicht ausgekoppelten Strahlung wegen des steilen Abstrahlwinkels von den Chipflanken (vgl. Figur 2) auf den Reflektorboden, von dem zum einen wegen des steileren Auftreffwinkels der Strahlung und zum anderen wegen der unvermeidbaren teilweisen Abdeckung  
30 des Bodens mit Klebstoff vergleichsweise wenig Strahlung reflektiert wird.

Weiterhin besonders bevorzugt weist das Material der Fensterschicht einen größeren Brechungsindex auf als das an diese  
35 angrenzende Material der aktiven Mehrschichtstruktur. Dadurch wird vorteilhafterweise die Reflexion der von der aktiven Zone nach hinten ausgesandten Strahlung an der Grenzfläche

zwischen Mehrschichtstruktur und Fensterschicht vermindert und es erfolgt eine Komprimierung der in die Fensterschicht eingekoppelten Strahlung.

- 5 Die erfindungsgemäße Chipgeometrie wird besonders bevorzugt bei Nitrid-basierten LED-Chips verwendet, bei dem die aktive Mehrschichtstruktur auf einem SiC- oder SiC-basierten Aufwachs-Substrat hergestellt ist. Hier gilt  $\text{Brechungsindex}_{\text{aktive Schicht}} > \text{Brechungsindex}_{\text{Substrat}}$ .

10

- Bei einem Chip mit quadratischem Querschnitt beträgt das Verhältnis Kantenlänge Mehrschichtstruktur/Kantenlänge Montagesockel besonders bevorzugt 1,2 bis 1,6. Bei ebenen schrägen Seitenflächen des Fensters schließen diese mit der Mittelachse des Halbleiterbauelements besonders bevorzugt einen Winkel  $\alpha$  ein, für den gilt  $20^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$ .

15

- Bei dieser Ausgestaltung ist einerseits eine gute Stromaufweitung auf die Fläche der Mehrschichtstruktur gewährleistet und liegt andererseits der Spannungsabfall am Montagesockel im Betrieb des Halbleiterbauelements in einem akzeptablen Bereich.

20

- In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, daß mindestens der schräge, konkave oder stufenartige Bereich der Fensterschicht aufgeraut ist.

25

- Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Fenster das Aufwachs-substrat ist, wie zum Beispiel bei einer GaN-basierten Mehrschichtstruktur auf einem das Fenster bildenden SiC-basierten Aufwachssubstrat.

30

- Bei einem strahlungsemittierenden optischen Bauelement gemäß der Erfindung, das ein strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement mit den oben offenbarten Merkmalen enthält, ist das Halbleiterbauelement in einer Reflektor-Ausnehmung eines Gehäuse-Grundkörpers montiert. Die Reflektor-Ausnehmung weist

35

bevorzugt eine vorzugsweise ebene Bodenfläche auf, auf die das strahlungsemitterende Halbleiterbauelement montiert ist und die von einer ebenen, schräg zur Bodenfläche stehenden Reflektorwand zumindest teilweise umschlossen ist. Der Gehäuse-Grundkörper ist aus einem reflektierenden Material, insbesondere aus einem entsprechenden Kunststoff, der vorzugsweise mit reflexionssteigerndem Material gefüllt ist, gefertigt und weist elektrische Anschlüsselemente auf. Das Halbleiterbauelement ist mit seiner Montagefläche auf die Bodenfläche aufgesetzt und mittels Klebstoff mit dieser verbunden.

Die Höhe des Montagesockels ist derart gewählt, daß die durch den schrägen, konkaven oder stufenartigen Bereich der Fensterschicht ausgekoppelte Strahlung zu einem möglichst großen Teil auf die schräg stehenden Reflektorwände und nicht auf die Bodenfläche der Reflektor-Ausnehmung trifft und zur Abstrahlrichtung des Bauelements hin reflektiert wird.

Da die schrägen Wandflächen nicht beliebig nahe an das Halbleiterbauelement herangeführt werden können - die Bodenfläche muß nämlich genügend Platz bieten, um erstens das Halbleiterbauelement mit einer gewissen Positionierungstoleranz in das Gehäuse montieren und zweitens eine Bondrahtverbindung von der Oberseite des Chips zu einem externen elektrischen Anschlüsselement herstellen zu können - stellt der Montagesockel ein wesentliches Element des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements dar.

Bei einer besonderen Ausführungsform sind die seitlichen Reflektorwände derart parabolartig ausgebildet, daß die über den schrägen, konkaven oder stufenartigen Bereich der Fensterschicht ausgekoppelte Strahlung weitestgehend parallel in eine vorgegebene Richtung zur aktiven Schicht nach oben reflektiert werden.

35

Die in Bezug auf die Bodenfläche flachere Abstrahlung bringt insbesondere bei Reflexion an Kunststoffoberflächen den wei-

teren bedeutenden Vorteil mit sich, daß die Strahlungsabsorption verringert ist, denn die Absorption ist umso geringer, je flacher der Einfallswinkel der Strahlung auf die Kunststoffoberflächen ist.

5

Die Reflektorwände können vorteilhafterweise auf einfache Weise hochreflektierend ausgebildet sein, beispielsweise mittels Al- oder Ag-Beschichtung. Die Gefahr einer Kontamination der schräg stehenden Reflektorwände mit Klebstoff bei der  
10 Montage des Halbleiterbauelements in das Gehäuse besteht zudem nicht.

Die Kontaktmetallisierung an der Unterseite des Montagesockels ist bevorzugt ein Gitterkontakt. Es wurde festgestellt,  
15 daß die Rückreflexion der zur Rückseite des Chips hin ausgesandten Strahlung in Richtung Vorderseite verbessert ist, wenn die Rückseiten-Kontaktmetallisierung nicht ganzflächig ausgebildet ist.

20 Bei einem Verfahren zur Herstellung eines strahlungsemittierenden Bauelements gemäß der Erfindung ist vorgesehen, daß nach dem Aufbringen und gegebenenfalls Strukturieren der aktiven Mehrschichtstruktur auf einem großflächigen Substratwafer in den so erzeugten Wafer von der späteren Halbleiterbauelementrückseite her, d.h. von derjenigen Seite der Fenster-  
25 schicht her, welche von der aktiven Mehrschichtstruktur abgewandt ist, mit einem Sägeblatt mit Formrand bis zu einer vorgegebenen Tiefe eingesägt wird, bei der der blattförmige Teil des Sägeblattes, in dem die Oberflächen des Sägeblattes parallel verlaufen, in den Substratwafer teilweise, bevorzugt  
30 bis zur Höhe des Montagesockels eindringt.

Unter Formrand ist vorliegend eine nach bestimmten Maßgaben geformte Stirnseite des Sägeblattes zur Herstellung einer  
35 vorgesehenen Geometrie des Sägegrabens zu verstehen. Der Formrand weist vorliegend die Negativ-Form des schrägen, kon-

kaven oder stufenartigen Teiles der Fensterschicht auf und ist folglich V-förmig, konvex oder stufenartig ausgebildet.

Nach diesem Form-Sägeschnitt erfolgt das Vereinzeln der groß-  
5 flächigen Waferanordnung mit der aufgebrachten Mehrschicht-  
struktur in eine Vielzahl von strahlungsemittierenden Halb-  
leiterbauelementen, indem der Waferverbund entlang den Säge-  
schnitten mittels Brechen oder mittels eines zweiten Säge-  
schnittes durchtrennt wird.

10

Besonders bevorzugt erfolgt vor dem Einsägen mittels dem Sä-  
geblatt mit Formrand ein Durchtrennen der aktiven Mehr-  
schichtstruktur entlang der vorgesehenen Sägeschnitte, vor-  
zugsweise mittels Ätzen.

15

Bei einer weiterhin bevorzugten Ausführungsart des Verfahrens  
ist vorgesehen, daß die Kontaktflächen, insbesondere gebildet  
durch Metallisierungsschichten, bereits vor dem Einsägen der  
Waferrückseite hergestellt werden.

20

Bei einer besonders bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens  
wird zunächst auf einem SiC-basierten Substratwafer eine GaN-  
basierte Epitaxieschichtenfolge aufgebracht, die geeignet  
ist, Strahlung im ultravioletten, blauen und/oder grünen  
25 Spektralbereich auszusenden. Das Substratmaterial ist vor-  
zugsweise so gewählt, daß es zumindest für einen Großteil der  
von der aktiven Zone der Mehrschichtstruktur ausgesandten  
Strahlung zumindest teildurchlässig ist und einen größeren  
Brechungsindex aufweist als das Material der Epitaxieschich-  
30 tenfolge.

Nachfolgend werden auf der Vorderseite der Epitaxieschichten-  
folge und auf der Rückseite des Substratwafers Kontaktschich-  
ten aufgebracht, bevor danach die Epitaxieschichtenfolge be-  
35 vorzugt mittels Ätzen zu einer Vielzahl von voneinander ge-  
trennten aktiven Mehrschichtstrukturen separiert wird.

Danach erfolgt der Form-Sägeschritt von derjenigen Seite des Substratwafers her, welche von der Epitaxieschichtenfolge abgewandt ist.

- 5 Weitere bevorzugte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den nachstehend in Verbindung mit den Figuren 1a bis 11 beschriebenen Ausführungsbeispielen. Es zeigen:
- 10 Figuren 1a bis 1c schematische Querschnitte durch alternative Ausführungsformen des erfindungsgemäßen lichtemittierenden Halbleiterbauelements
- 15 Figur 2a bis 2e schematische Darstellungen des Abstrahlverhaltens eines herkömmlichen quaderförmigen Halbleiterbauelements in einer Reflektorausnehmung eines Bauelementgehäuses,
- 20 Figur 3a bis 3e schematische Darstellungen des Abstrahlverhaltens eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements mit ebenen schrägstehenden Seitenflächen einer Fensterschicht in einer Reflektorausnehmung eines Bauelementgehäuses,
- 25 Figuren 4a bis 4c einen Vergleich der Abstrahlcharakteristik eines herkömmlichen lichtemittierenden Halbleiterbauelements mit denen zweier erfindungsgemäßer lichtemittierender Halbleiterbauelemente mit ebenen schrägstehenden Seitenflächen einer Fensterschicht,
- 30
- 35 Figur 5 ein Diagramm, das den optischen Auskoppelwirkungsgrad eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements mit ebenen schrägen Seitenflächen der Fensterschicht in Abhängigkeit vom Winkel darstellt, den die schrägstehenden Seitenflächen mit der senkrechten Mittelachse des Halbleiterbauelements einschließen,

Figur 6 Vergleich der Fernfeld-Charakteristik eines herkömmlichen quaderförmigen Halbleiterbauelements mit der eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements mit ebenen schrägen Seitenflächen einer Fensterschicht, jeweils montiert auf eine ebene reflektierende Montagefläche,

Figur 7 eine schematische Querschnittsdarstellung eines erfindungsgemäßen lichtemittierenden optischen Bauelements mit parabelartigen Reflektorwänden,

Figuren 8 bis 11 Ausführungsschritte für ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen lichtemittierenden Halbleiter-Bauelements, und

Figur 12 eine perspektivische Ansicht eines besonders bevorzugten erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements.

Figur 1a zeigt rein schematisch einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen lichtemittierenden Halbleiterkörper. Eine das Licht erzeugende aktive Schicht 10, zum Beispiel eine Einfach-Quantentopf (SQW für Single Quantum Well)- oder Mehrfach-Quantentopf (MQW für Multi Quantum Well)-Struktur auf der Basis von InGaN, liegt innerhalb einer Mehrschichtstruktur 100, die beispielsweise insgesamt aus einer Mehrzahl von Nitrid-basierten III-V-Halbleiterschichten besteht. Der genaue Aufbau einer solchen Mehrschichtstruktur ist abhängig vom Materialsystem und den gewünschten Eigenschaften des Bauelements. Einzelheiten hierzu sind aus dem Stand der Technik bekannt und werden von daher im vorliegenden Zusammenhang nicht näher erläutert.

Die Mehrschichtstruktur 100 ist zum Beispiel durch metallorganische Gasphasenepitaxieverfahren auf einer Fensterschicht 20 hergestellt, die an ihrer Unterseite einen elektrischen Kontakt 40 aufweist. Oberhalb der Mehrschichtstruktur 100 befindet sich ein zweiter elektrischer Kontakt 30, der im Ausführungsbeispiel großflächig die obere Oberfläche der Mehr-

- schichtstruktur 100 bedeckt. Der elektrische Kontakt 30 ist so dünn ausgeführt, daß er für das aus der aktiven Schicht nach oben abgestrahlte Licht weitestgehend durchlässig ist. Dies ist bei einer GaN-Struktur beispielsweise durch eine
- 5 Platinschicht von wenigen nm, z.B. 6 nm möglich. Aus diesem Grund kann der Kontakt großflächig die Oberseite der Mehrschichtstruktur abdecken und eine großflächige Stromeinprägung in die aktive Schicht 10 erfolgen.
- 10 Auf dem Kontakt 30 ist ein undurchsichtiger kleinflächiger Bondpad 31 vorgesehen.
- Bei hinreichender elektrischer Leitfähigkeit einer oberhalb der aktiven Schicht 10 angeordneten Halbleiterschicht kann
- 15 der großflächige transparente Kontakt 30 weggelassen und nur ein kleinflächiger strahlungsundurchlässiger Bondpad 31 vorgesehen sein. Strahlung kann folglich seitlich vom Bondpad 31 austreten.
- 20 In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Fensterschicht 20 von einem Aufwachssubstrat gebildet, vorzugsweise bestehend aus Siliziumcarbid oder aus einem auf SiC basierenden Material, während die Mehrschichtstruktur 100 auf Galliumnitridbasis ausgebildet ist. Das bedeutet, daß die Mehr-
- 25 schichtstruktur 100 neben Stickstoff die Elemente Indium, Aluminium und/oder Gallium enthält. In diesem Materialsystem sind p-dotierte Schichten nur dann hinreichend elektrisch leitend, wenn sie vergleichsweise dünn sind.
- 30 Der Metallkontakt 40 auf der Rückseite der Fensterschicht, das heißt auf der Rückseite des Aufwachssubstrats 20 ist vorzugsweise als Gitternetz ausgebildet. Dadurch wird überraschenderweise die Reflektivität der Rückseite der Fensterschicht 20 erhöht.
- 35 In einem anderen Materialsystem können die Schichten der Mehrschichtenfolge 100 und das Substrat anders ausgebildet

sein. Beispielsweise ist im Materialsystem InGaAlP eine Leitfähigkeit bei dicken Schichten möglich. Substrat kann Saphir oder SiC sein. Während deshalb im diesem Materialsystem auch oberhalb der Mehrschichtstruktur 100 noch ein transparentes  
5 Fenster angeordnet sein kann, ist die Ausbildung eines derartigen epitaktisch aufgewachsenen Fensters im Materialsystem von Galliumnitrid nicht möglich.

Gemäß der Erfindung ist vorgesehen, daß das in diesem Ausführungsbeispiel von dem Aufwachssubstrat gebildete transparente  
10 Fenster 20 an seiner Oberseite an der Mehrschichtstruktur 100 anliegt und daß die Seitenoberfläche des transparenten Fensters im Übergangsbereich zur Mehrschichtstruktur zumindest teilweise einen spitzen Winkel  $\alpha$  mit der Mehrschichtstruktur  
15 100 einschließt. Die zunächst schräg unter dem Winkel  $\alpha$  zur Mehrschichtstruktur bzw. zur aktiven Schicht 10 verlaufenden Seitenwände 20a gehen in Richtung des unteren Metallkontakts 40 in eine senkrecht zur Mehrschichtstruktur verlaufende Seitenwand 20b über, so daß der untere Teil des Fensters 20 und  
20 damit des Aufwachssubstrats unmittelbar angrenzend an den Metallkontakt 20 für sich betrachtet einen quaderförmigen Aufbau hat und als Montagesockel 200 dient. Die Höhe des Montagesockels ist, um den Spannungsabfall möglichst niedrig zu halten, möglichst gering und liegt beispielsweise im Bereich  
25 zwischen 100 und 200  $\mu\text{m}$ .

Der von den ebenen schräg stehenden Seitenwänden 20a und einer Mittelachse 50 des Halbleiterkörpers eingeschlossene Winkel  $\alpha$  liegt in einem Bereich von z.B. 20° bis 80°, je nach  
30 gewünschtem Abstrahlverhalten. Besonders bevorzugt liegt der Winkel  $\alpha$  zwischen 20° und 30°. Der Auskoppelwirkungsgrad ist in diesem Bereich am höchsten (vgl. Figur 5).

Die Fensterschicht besteht aus Siliziumcarbid und die Mehrschichtstruktur ist auf Galliumnitridbasis gefertigt. Der ex-  
35 detaillierte Aufbau derartiger Mehrschichtstrukturen ist dem Fachmann bekannt und wird daher an dieser Stelle nicht näher

erläutert. Die von der aktiven Schicht 10 nach oben ausgesandte Strahlung wird nach oben in Richtung des Metallkontakts 30 unmittelbar aus der Mehrschichtenstruktur 100 ausgekoppelt. Nach unten, das heißt zur Fensterschicht 20 hin ausgesandte Strahlung wird zunächst an der Grenzfläche zwischen der Mehrschichtstruktur 100 und der Fensterschicht 20 in dieses hinein gebrochen. Aufgrund der Tatsache, daß diese Strahlen, die nach außen in Richtung auf den Aussenraum des Halbleiter-Bauelements gerichtet sind, mit einem Winkel auf die schräg stehenden Seitenoberflächen 20a des Fensters 20 treffen, der kleiner als der Grenzwinkel der Totalreflexion ist, können diese Lichtstrahlen aus dem Fenster bzw. dem Substrat 20 ausgekoppelt werden, wie in Figur 1a durch die Strahlen 1 bis 4 angedeutet ist.

Im Bereich der senkrecht zur aktiven Schicht verlaufenden Seitenoberflächen 20b des Montagesockels 200 wird dagegen fast kein Licht ausgekoppelt. Dies führt dazu, daß im oberen Teil des Substrats 20 mit den abgeschrägten Seitenoberflächen 20a Licht nach außen ausgekoppelt werden kann, während im unteren Teil des Substrats 20 mit den senkrecht zur Montagefläche stehenden Seitenflächen 20b nahezu kein Licht nach außen ausgekoppelt wird und dieses damit dunkel bleibt.

Bei der Betrachtung eines im Betrieb befindlichen erfindungsgemäßen lichtaussendenden Halbleiterbauelements erscheinen deshalb die Oberflächen der Mehrschichtstruktur und die schrägen Seitenoberflächen des Substrats leuchtend, während der Montagesockel 200 des Substrats 20 dunkel bleibt. Das in den Bereich mit den senkrecht stehenden Seitenflächen 20b eingestrahlte Licht wird an den Seitenwänden 20b totalreflektiert und nachfolgend an der Unterseite des Substrats 20 zur Vorderseite des Halbleiterkörpers hin reflektiert.

Auf diese Weise ist es möglich, im Vergleich zu quaderförmigen Chips auf der Basis von Nitrid-Halbleiter auf SiC-Substrat eine Lichtsteigerung von mehr als 80% zu erzielen.

Das Ausführungsbeispiel der Figur 1b unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel der Figur 1a im wesentlichen dadurch, daß die Seitenoberflächen 20a des Substrats 20 keine ebenen schrägstehenden Flächen sind, sondern stufenartig zur senkrechten Mittelachse 50 des Halbleiterkörpers hin verlaufen.

Bei der in Figur 1c dargestellten Ausführungsform sind an Stelle der ebenen schrägstehenden Seitenflächen 20a der Ausführungsform von Figur 1a von außerhalb des Halbleiterkörpers gesehen konkave Seitenflächen 20a vorgesehen. Hierbei schließt das Substrat 20 mit der aktiven Schichtenfolge 100 gesehen von der aktiven Schichtenfolge 100 zunächst einen spitzen Winkel  $\beta$  ein. Im weiteren Verlauf in Richtung auf die Rückseite des Substrats 20 zu gehen die Seitenwände in senkrecht zur Rückseite des Substrats 20 stehende Seitenwände 20b des Montagesockels 200 über. Auf diese Weise ergibt sich gesehen von der Mehrschichtstruktur 100 ein fließender Übergang der Seitenoberflächen vom zunächst spitzen Winkel  $\beta$  bis zur senkrecht zur aktiven Schicht verlaufenden Seitenoberfläche des quaderartigen Montagesockels 200.

In den Figuren 1a bis 1c hat das Substrat 20 einen höheren Brechungsindex als die Mehrschichtstruktur 100.

Bei sämtlichen Ausführungsformen können die Seitenflächen 20a und/oder 20b beispielsweise mittels Ätzen aufgeraut sein. Bei Aufrauung der Seitenflächen 20b des Montagesockels 200 kann auch aus dieser Strahlung ausgekoppelt werden.

Die Dicke des Substrats bzw. Fensters 20 in allen Ausführungen der Figuren 1a bis 1c liegt besonders bevorzugt zwischen  $100\mu\text{m}$  und  $250\mu\text{m}$  (Grenzwerte eingeschlossen). Ein Klebekontakt an der Unterseite des Fensters in einem Gehäuse sollte dabei die Höhe des Montagesockels 200 nicht überschreiten. Vorteil einer derartigen Konstruktion ist dabei eine größere Standfläche durch den an den Seiten des Montagesockels herausquel-

lenden Kleber, der eine bessere Wärmeabfuhr und eine größere Stabilität erzeugt.

Die Figur 2a zeigt das Abstrahlverhalten eines in einer Reflektorwanne 310 eines Bauelementgehäuses montierten herkömmlichen quaderförmigen Halbleiterkörpers 300. Der Strahlengang der über die Substratflanken ausgekoppelten Strahlung ist durch die gestrichelten Linien 320 mit den Pfeilspitzen angedeutet. Die Strahlungsauskopplung über die Flanken des Substrats 20 erfolgt nur in einem sehr steilen Winkelbereich, so dass diese zuerst auf die Bodenfläche 330 der Reflektorausnehmung 310 bzw. auf den Leitkleber 340, mit dem der Halbleiterkörper 300 kontaktiert und befestigt ist treffen. Kann die Reflektorwanne nicht klein genug gehalten werden, treffen die über die Flanken ausgekoppelten Strahlen nach der Reflexion an der Bodenfläche größtenteils nicht einmal mehr die Seitenwände der Reflektorwanne, wie in Figur 2b am Beispiel einer vorgehäusten oberflächenmontierbaren Gehäusebauform mit einer Reflektorwanne in einem strahlungsundurchlässigen Grundkörper schematisch dargestellt.

Bei dem in Figur 3a dargestellten Abstrahlverhalten eines in einer Reflektorwanne 410 eines Bauelementgehäuses mittels Leitkleber 440 montierten erfindungsgemäßen Halbleiterkörpers 400 mit einem strahlungsdurchlässigen Substrat 420 mit schrägstehenden Seitenflächen 420a und einem quaderartigen Montagesockel 420b ist ersichtlich, daß ein Großteil der über die Seitenflächen 420a ausgekopptelten Strahlung 460 nicht auf den Wannenboden 430, sondern unmittelbar auf die Reflektorwände 450 treffen und dort zur Hauptabstrahlrichtung des Halbleiterkörpers hin reflektiert werden. In Figur 3b ist der mit einem erfindungsgemäßen Halbleiterchip erzielbare Strahlengang in einer vorgehäusten oberflächenmontierbaren Gehäusebauform mit einer Reflektorwanne in einem strahlungsundurchlässigen Grundkörper schematisch dargestellt. Aufgrund der Tatsache, dass mit der erfindungsgemäßen Chipgeometrie mehr Strahlung über die Fenstersubstratflanken ausgekoppelt

wird und ein Großteil dieser Strahlung unmittelbar auf die Reflektor-Seitenwände trifft, wird mehr "Rückseiten"-Strahlung stärker zur Hauptabstrahlrichtung des Bauelements hin zurückreflektiert.

5

Die in den Figuren 2c, 2d, 3c und 3d gezeigte Gegenüberstellung einer sogenannten Radial-Bauform für LED-Bauelemente, bei der der LED-Chip in einen Metallreflektor geklebt ist und der umgebende Verguß 370 bzw. 470 eine Linsenform aufweist, 10 einerseits mit herkömmlichem quaderförmigen LED-Chip (Figuren 2c und 2d) und andererseits mit einem erfindungsgemäßen LED-Chip gemäß Figur 1a (Figuren 3c und 3d) verdeutlicht Folgendes:

15 Figur 2d zeigt das Fernfeld einer 5mm Radial-Bauform mit einem herkömmlichen quaderförmigen InGaN-besetzten LED-Chip auf SiC-Fenstersubstrat. Der Verguß ist klar, so dass keine diffuse Streuung auftritt. Das Maximum der Abstrahlung liegt zwar in Vorwärtsrichtung, es zeigen sich aber bei ca. 15° Ab- 20 weichung von der Vertikalen Nebenmaxima. Diese sind auch bei visueller Betrachtung sichtbar und können in bestimmten Anwendungen Probleme bereiten. Der Strahlengang zu dieser Radial-Bauform mit herkömmlichem LED-Chip ist in Figur 2c schematisch dargestellt.

25

In Figur 3d ist die Abstrahlcharakteristik der gleichen Radial-Bauform mit einem erfindungsgemäßen LED-Chip gemäß Figur 1a gezeigt. Zum einen ist die Strahlungsleistung gegenüber der Bauform mit herkömmlichem LED-Chip deutlich erhöht, zum 30 anderen sind die bei der Bauform mit herkömmlichem LED-Chip ausgeprägten Nebenmaxima hier nicht vorhanden. Der visuelle Eindruck des abgestrahlten Lichtes ergibt ein deutlich homogeneres Leuchtbild dieser LED-Bauform. Der Strahlengang zu dieser Radial-Bauform mit erfindungsgemäßen LED-Chip ist in 35 Figur 3c schematisch dargestellt.

Beim herkömmlichen quaderförmigen LED-Chip wird zwar auch Strahlung in Rückwärtsrichtung abgegeben. Der Winkel des Hauptanteils dieser Strahlung gegenüber der senkrechten Chipachse beträgt aber maximal etwa  $40^\circ$ . Damit kann diese Strahlung die schrägen Seitenwände des Reflektors nicht erreichen. Sie trifft damit nur den flachen Reflektorboden oder wird im Leitkleber, mit dem der LED-Chip befestigt ist, absorbiert. Wie in Figur 2c gezeigt, ist dieser Abstrahlwinkel so ungünstig, dass die Strahlung nicht mehr exakt in Vorwärtsrichtung gebracht werden kann. Da außerdem die nach rückwärts gerichtete Strahlung eine hohe Richtcharakteristik aufweist, ergeben sich die beobachteten Nebenmaxima.

Durch die schrägstehenden Substratwände im Fenstersubstrat wird vorteilhafterweise in Rückwärtsrichtung einerseits die Strahlungsleistung und andererseits der Auskoppel-Winkelbereich vergrößert. Die Strahlung trifft nunmehr die schrägen Seitenwände des Reflektors und wird daher besser zur Linse hin reflektiert. Der größere Winkelbereich bewirkt zudem, dass keine Nebenmaxima mehr auftreten.

Bei der in den Figuren 2b und 3b gezeigten oberflächenmontierbaren Bauform mit strahlungsundurchlässigem Gehäusegrundkörper 380 bzw. 480 mit Reflektorausnehmung 310 bzw. 410 wird aufgrund des begrenzten Rückwärts-Abstrahlwinkels eines herkömmlichen quaderförmigen LED-Chips nur ein begrenzter Bereich der Bauform ausgeleuchtet (angedeutet durch den dunklen kreisförmigen Bereich 390 in der Figur 2e). Im Gehäuse trifft die nach rückwärts ausgesandte Strahlung nur den planen Boden der Reflektorausnehmung. Der Kunststoff, aus dem der Gehäusegrundkörper üblicherweise besteht, ist nicht perfekt reflektierend, wodurch ein Teil der Strahlung absorbiert wird.

Wird diese oberflächenmontierbare Bauform aber mit einem erfindungsgemäßen LED-Chip gemäß Figur 1a versehen, so trifft auch hier ein großer Teil der Strahlung auf die schrägen Reflektorwände (vgl. Figur 3e). Diese können auf einfache Weise

zum Beispiel mittels einer reflexionssteigernden Beschichtung  
versehen sein. Mit einem erfindungsgemäßen LED-Chip wird, wie  
in Figur 3e durch den dunklen kreisförmigen Bereich 490 ange-  
deutet, ein wesentlich größerer Reflektorbereich ausgeleuch-  
5 tet.

In den Figuren 4a bis 4c ist die Abstrahlcharakteristik eines  
herkömmlichen quaderförmigen Chips (Figur 4a; Kanten-  
länge/Epitaxieschichtenfolge ca.  $260\mu\text{m}$ , Kantenlänge Substrat  
10 ca.  $290\mu\text{m}$  und Substratdicke ca.  $250\mu\text{m}$ ) und die Abstrahlcha-  
rakteristika von zwei unterschiedlichen erfindungsgemäßen  
Halbleiterkörpern (Figuren 4b und 4c) gegenübergestellt. Fi-  
gur 4b korrespondiert zu einem Halbleiterkörper gemäß Figur  
1a mit Kantenlänge/Epitaxieschichtenfolge ca.  $260\mu\text{m}$ , Kanten-  
15 länge/Substrat: oben ca.  $290\mu\text{m}$ , unten ca.  $190\mu\text{m}$  und Substrat-  
dicke ca.  $250\mu\text{m}$ , bei dem die ebenen schrägstehenden Sub-  
stratseitenfläche 20a und die Mittelachse 50 einen Winkel von  
 $45^\circ$  einschließen und von der Substratoberseite einen Abstand  
von ca.  $25\mu\text{m}$  aufweisen. Figur 4c korrespondiert zu einem  
20 Halbleiterkörper gemäß Figur 1a mit Kanten-  
länge/Epitaxieschichtenfolge ca.  $260\mu\text{m}$ , Kanten-  
länge/Substrat: oben ca.  $290\mu\text{m}$ , unten ca.  $190\mu\text{m}$  und Substrat-  
dicke ca.  $250\mu\text{m}$ , bei dem die ebenen schrägstehenden Sub-  
stratseitenfläche 20a und die Mittelachse 50 einen Winkel von  
25  $30^\circ$  einschließen und von der Substratoberseite einen Abstand  
von ca.  $25\mu\text{m}$  aufweisen. Alle Halbleiterkörper weisen identi-  
sche Mehrschichtstrukturen 100 und identisches Substratmate-  
rial (SiC) auf. Die Diagramme geben den Abstrahlwinkel in  
360°-Darstellung sowie die Abstrahlintensität in die jeweili-  
30 gen Richtungen anhand von konzentrischen Kreisen an.

Gemäß Figur 4a ist erkennbar, daß ein bekannter quaderförmiger  
Licht emittierender GaN-basierter Chip mit SiC-Substrat  
nach oben in Richtung  $0^\circ$  mit einem Öffnungswinkel von ca.  $60^\circ$   
35 und im wesentlichen mit zwei weiteren schmalen Keulen in  
Richtung  $125^\circ$  und  $235^\circ$  jeweils mit einem Öffnungswinkel von  
ca.  $15^\circ$  steil nach hinten abstrahlt.

Demgegenüber zeigt der erfindungsgemäße Halbleiterkörper gemäß Figur 4c, der dieselbe Mehrschichtstruktur 100 und ein SiC-Substrat 20 aufweist, eine gegenüber Figur 4a deutlich erhöhte Strahlintensität im Winkelbereich zwischen ca. 95° und ca. 130° und im Winkelbereich zwischen ca. 230° und ca. 265°. Darüberhinaus ist auch im Winkelbereich zwischen 30° und 330° eine Verbesserung deutlich ersichtlich. Der Chip strahlt somit über die schrägen Seitenflächen 20a nahezu waa-  
5 gerecht ab. Insgesamt ergibt sich mit einer Anordnung gemäß Figur 4c ein deutlich, d.h. um 80% oder mehr verbessertes Lichtauskoppelverhalten im Vergleich zu einem Chip mit herkömmlicher Geometrie.

Der zu Figur 4b korrespondierende Halbleiterkörper weist zwar  
15 ebenfalls eine gegenüber einem herkömmlichen Halbleiterkörper verbesserte Auskoppelcharakteristik auf (man vergleiche mit Figur 4a), erreicht aber bei weitem nicht die Verbesserung des zu Figur 4c korrespondierenden Halbleiterkörpers.

Bei dem Diagramm von Figur 5 ist der Auskoppelwirkungsgrad in % in Abhängigkeit vom Winkel  $\alpha$  der schrägstehenden Seitenflächen 20a zur senkrechten Mittelachse eines Halbleiterkörpers gemäß der Ausführungsform von Figur 1a mit einer Mehrschichtstruktur auf GaN-Basis ( $n_{\text{GaN}}=2.5$ ) auf einem SiC-Fenster-  
20 substrat ( $n_{\text{SiC}}=2.7$ ) aufgetragen. Die Kantenlänge des Substrats 20 oberhalb der schrägstehenden Seitenflächen 20a ist konstant bei 290  $\mu\text{m}$  gehalten. Die Winkelabhängigkeit wurde für drei verschiedene Kantenlängen des Montagesockels ermittelt. Das heißt, das Verhältnis Fensterkantenlänge  
25 oben/Fensterkantenlänge unten wurde variiert. Die Kurve 501 mit den Dreiecken korrespondiert zu einer Fensterkantenlänge unten von 165  $\mu\text{m}$ , die Kurve 502 mit den Quadraten zu 190  $\mu\text{m}$  und die Kurve 503 mit den Rauten zu 215  $\mu\text{m}$ . Es ist in allen Fällen ersichtlich, daß die Auskoppelleffizienz bei  $\alpha$  zwischen 20°  
30 und 30° am größten ist und daß sie sowohl bei sehr kleinen als auch bei sehr großen Winkeln  $\alpha$  stark abnimmt.

Aufgrund des größeren Brechungsindex von SiC im Vergleich zu GaN wird Strahlung, die von der Mehrschichtstruktur in das Fenstersubstrat übertritt, zum Lot hin gebrochen. Dadurch wird ein Winkelbereich aus der Mehrschichtstruktur im Fenstersubstrat komprimiert. Durch das Anschrägen der Seitenflanken des Fenstersubstrats wird erreicht, dass dieser komprimierte Winkelbereich so weit wie möglich mit dem Auskoppelkegel der Seitenflanke überlappt.

- 10 Das Diagramm von Figur 5 wurde mittels einer Raytracing-Berechnung anhand eines dreidimensionalen Modells des Halbleiterchips ermittelt. In dieser Rechnung sind alle möglichen Abstrahlkanäle des Chips enthalten, die Oberfläche, die Mesakanten und die geraden Flanken des Substrats. Es ist eine Dominanz der rückwärtigen Abstrahlung über die Sägekanten festzustellen. Experimentelle Versuche mit verschiedenen Flankenwinkeln, die besonders bevorzugt mittels eines Sägeblattes mit Formrand erzeugt werden (siehe weiter unten), bestätigen diese Berechnung. Für ein 45°-Sägeblatt wurde gegenüber einem
- 15 herkömmlichen quaderförmigen Chip eine Lichtsteigerung von 50%, für ein 30°-Sägeblatt wurde eine Lichtsteigerung von über 80% erzielt.

In Figur 6 ist die Fernfeldcharakteristik eines herkömmlichen quaderförmigen Chips der eines erfindungsgemäßen Chips gemäß Figur 1a mit  $\alpha$  zwischen 20° und 30° (Grenzwerte eingeschlossen), jeweils montiert auf einer ebenen reflektierenden Fläche, gegenübergestellt. Die innere Kurve 601 korrespondiert zum herkömmlichen Chip und die äußere Kurve 602 korrespondiert zum erfindungsgemäßen Chip.

Für ein erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement, das einen quadratischen lateralen Querschnitt aufweist, bei dem alle vier Seitenflanken der Fensterschicht 20 einen ebenen schräg-

35 stehenden ersten Seitenwandteil 20a aufweisen liegt das Verhältnis von Kantenlänge der Mehrschichtstruktur 100 zu Kan-

tenlänge des Montagesockels bevorzugt zwischen einschließlich 1,5 und einschließlich 2, besonders bevorzugt bei etwa 1,35.

Bei dem optischen Bauelement gemäß Figur 7 ist vorgesehen,  
5 daß ein erfindungsgemäßer Halbleiterkörper beispielsweise nach Figur 1a in die Ausnehmung 71 eines Grundkörpers 70 montiert ist. Der Grundkörper 70 kann beispielsweise wie in Figur 7 dargestellt, ein elektrischer Anschluß-Leiterteil einer Radial-LED sein, der elektrisch mit dem Metallkontakt 40 des  
10 Halbleiterkörpers kontaktiert ist, während der Metallkontakt 30 über einen Bonddraht mit einem zweiten elektrischen Anschluß-Leiterteil 72 der LED verbunden ist. Die Gesamtanordnung ist mit einem transparenten Material 73 umhüllt.

15 Ebenso gut kann das erfindungsgemäße lichtemittierende Halbleiterbauelement in das Gehäuse bzw. den Grundkörper einer nach oben abstrahlenden oberflächenmontierbaren LED angeordnet sein. Auch dort ist ein Grundkörper gebildet, der eine Ausnehmung aufweist, in der das Halbleiterbauelement montiert  
20 wird.

Die Seitenwände 74 der Ausnehmung 71 des Grundkörpers 70 sind als Reflektor ausgebildet, was entweder durch die Wahl des Materials des Grundkörpers oder durch eine Beschichtung der  
25 Ausnehmung erfolgen kann. Der Reflektor ist zweckmäßig, um das gemäß Figur 6b seitwärts schräg nach unten abgestrahlte Licht nutzbar nach vorne in Richtung des Metallkontakts 30 des Halbleiterbauelements abzustrahlen. Die Form des Reflektors 74 ist dabei so gewählt, daß sich die gewünschte Abstrahlcharakteristik ergibt. Für stark nach oben bzw. nach  
30 vorn gerichtete Strahlung ist eine Reflektorform zweckmäßig, deren Seitenneigung nach außen hin zunimmt, beispielsweise in Form einer Halbparabel.

35 Gemäß den Figuren 8 bis 11 wird die Herstellung eines erfindungsgemäßen lichtemittierenden Halbleiterbauelements, genauer die gleichzeitige Herstellung einer Mehrzahl von Halb-

leiterbauelementen skizziert. In Figur 8 sind schematisch mit den Bezugszeichen gemäß Figur 1 die lichtemittierende Schicht 10 sowie das Fenster 20 gekennzeichnet. Im Ausführungsbeispiel ist die lichtemittierende Schicht dabei an Stellen vor-  
5 gesehen, an denen das spätere lichtemittierende Bauelement erzeugt werden soll. Mit an sich bekannten Methoden wird dabei gemäß Figur 8 zunächst auf dem Substrat 20 die nicht näher dargestellte Mehrschichtstruktur mit den jeweiligen aktiven Schichten 10 erzeugt. Die Herstellungsmethoden umfassen  
10 dabei insbesondere Maskierungs- und Beschichtungstechniken, z. B. Epitaxieverfahren. Nach der Epitaxie wird die Epitaxieschichtenfolge bevorzugt mittels Maskieren und Ätzen in eine Mehrzahl von Mehrschichtstrukturen separiert.

15 Gemäß der Erfindung wird nach der Erzeugung der Mehrschichtstrukturen die Anordnung von der Rückseite, d.h. von der Fensterseite, mit einem Profilsägeblatt entlang der gegenüberliegenden Ätzgräben zwischen den Mehrschichtstrukturen der späteren Chips eingesägt, dessen Rand R eine vorgegebene Form  
20 aufweist. Im Ausführungsbeispiel ist der Rand v-förmig ausgebildet. Das Einsägen erfolgt nun so, daß das Substrat nicht nur mit der Spitze des v-förmigen Sägeblattes 30 angeritzt wird, sondern daß der Schnitt so tief ausgeführt wird, daß auch der blattförmige Teil des Sägeblattes in das Substrat  
25 einsägt. Es ergibt sich damit ein Sägeschnitt S1, der zunächst mit senkrechten Wänden in das Substrat hineingeht, um danach entsprechend der Randform R des Sägeblattes, in diesem Fall v-förmig zuzulaufen. Möglich ist auch ein runder oder anders geformter Profilrand.

30 Die nach dem Sägen zwischen der Einkerbung im Substrat und der lichtemittierenden Schicht verbleibende Resthöhe H beträgt typisch 10  $\mu\text{m}$  bis 100  $\mu\text{m}$ . Figur 9 zeigt noch einmal bezogen auf Figur 1, wie zwischen dem v-förmigen Einschnitt und  
35 der lichtemittierenden Schicht 10 der Winkel  $\alpha$  gemäß Fig. 1 gebildet wird.

Nach dem Ansägen gemäß Figur 8 werden die Bauelemente, abhängig von der Resthöhe H, bevorzugt entweder durch ein Keilbrechverfahren gemäß Figur 10 oder durch einen zweiten Sägeschnitt vereinzelt. Dazu wird die eingeschnittene Anordnung  
5 gemäß Figur 8 auf einen Träger T aufgeklebt. Gemäß Figur 10 erfolgt dann von der freien Unterseite des Trägers ein Aufbrechen der Resthöhe H mit Hilfe eines Brechkeils. Gemäß Figur 11 ist es alternativ möglich, mit einem zweiten Sägeschnitt S2 den Wafer zu zerteilen, so daß die einzelnen Halb-  
10 leiterbauelemente vereinzelt werden.

Die Auswahl der Randform R des Profilsägeblattes richtet sich nach den gewünschten Seitenoberflächen des Substrats und diese wiederum danach, wie eine maximale Lichtauskopplung erreicht werden kann. Abhängig von den Brechungsindices des  
15 Halbleitermaterials und der Umgebung bzw. des Substrats liegen typische Winkel  $\alpha$  bei einem v-förmigen Sägeschnitt zwischen  $10^\circ$  und  $70^\circ$ .

20 Eine räumliche Darstellung eines bevorzugten erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements mit SiC-Aufwachs- bzw. Fenstersubstrat und GaN-basierte Mehrschichtstruktur 100 ist in der Figur 12 dargestellt.

## Patentansprüche

1. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement mit
  - einer Mehrschichtstruktur (100), die eine strahlungsemit-
  - 5 tierende aktive Schicht (10) enthält,
  - elektrischen Kontakten (30, 40) zur Stromeinprägung in die Mehrschichtstruktur (100), und
  - einer strahlungsdurchlässigen Fensterschicht (20), die
    - ausschließlich an der von einer Hauptabstrahlrichtung
    - 10 des Halbleiterbauelements abgewandten Seite der Mehrschichtstruktur (100) angeordnet ist,
    - mindestens eine Seitenwand aufweist, die einen schräg, konkav oder stufenartig zu einer senkrecht Mehrschichtenfolge stehenden Mittelachse des Halbleiterkörpers hin
    - 15 verlaufenden ersten Seitenwandteil (20a) aufweist, der gesehen von der Mehrschichtstruktur im weiteren Verlauf zur Rückseite hin in einen senkrecht zur Mehrschichtstruktur, das heißt parallel zur Mittelachse verlaufenden zweiten Seitenwandteil (20b) übergeht und
    - 20 - der den zweiten Seitenwandteil (20b) umfassende Teil der Fensterschicht (20) einen Montagesockel für das Halbleiterbauelement bildet.
2. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1,
- 25 bei dem Fensterschicht (20) aus dem für das Aufwachsen der Mehrschichtenfolge (100) genutzten Aufwachssubstrat gefertigt ist.
3. Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- 30 bei dem der Brechungsindex des Materials der Fensterschicht (20) größer als der Brechungsindex des Materials der Mehrschichtenfolge (100), insbesondere der aktiven Schicht (10) ist.
4. Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- 35 bei dem die Fensterschicht (20) aus Siliciumcarbid besteht oder auf SiC basiert und die Mehrschichtenfolge aus Ni-

trid-basierten Halbleitermaterialien, insbesondere aus GaN-basierten Halbleitermaterialien gefertigt ist.

5. Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem alle Seitenflanken der Fensterschicht (20) einen ersten Seitenwandteil (20a) und einen zweiten Seitenwandteil (20b) aufweisen.

6. Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der erste Seitenwandteil (20a) eine ebene schrägstehende Fläche ist, die mit der Mittelachse (50) einen Winkel ( $\alpha$ ) einschließt, der zwischen einschließlich  $20^\circ$  und einschließlich  $30^\circ$  liegt.

7. Halbleiterbauelement nach Anspruch 4, 5 und 6, das einen quadratischen lateralen Querschnitt aufweist, bei dem alle vier Seitenflanken der Fensterschicht (20) einen ebenen schrägstehenden ersten Seitenwandteil (20a) aufweisen und bei dem das Verhältnis von Kantenlänge der Mehrschichtstruktur (100) zu Kantenlänge des Montagesockels zwischen einschließlich 1,5 und einschließlich 2, besonders bevorzugt bei etwa 1,35 liegt.

8. Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem mindestens der erste Seitenwandteil (20a) aufgerauht ist.

9. Strahlungsemittierendes optisches Bauelement mit einem strahlungsemittierenden Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, das eine Reflektorwanne (410) mit schrägstehenden oder parabelartigen Seitenwänden (350) aufweist, in der das Halbleiterbauelement derart montiert ist, dass die Fensterschicht (20) zum Reflektorwannenboden (430) hin gerichtet ist.

10. Strahlungsemittierendes optisches Bauelement nach Anspruch 9, bei dem Seitenwände der Reflektorwanne mit reflexionssteigerndem Material beschichtet sind.

5 11. Strahlungsemittierendes optisches Bauelement nach Anspruch 9 oder 10, bei dem die Seitenwände der Reflektorwanne so ausgebildet sind, daß die vom Halbleiterbauelement nach rückwärts ausgesandte Strahlung von den schrägen Seitenwänden weitestgehend in ein und derselben Richtung zur aktiven  
10 Schicht nach oben reflektiert wird.

12. Verfahren zur Herstellung eines strahlungsemittierenden Halbleiterbauelements nach einem der Patentansprüche 1 bis 8, mit folgenden Schritten:

- 15 - Herstellen einer Vielzahl von nebeneinander angeordneten der Mehrschichtstrukturen (100) auf einem großflächigen Substratwafer (20),  
- Einsägen des Substratwafers (20) von der Substratrückseite her mit einem Sägeblatt (80) mit Formrand (R), der die Ne-  
20 gativform der vorgesehenen Form der ersten Seitenwandteile (20a) aufweist, bis zu einer vorgegebenen Tiefe, in der der blattförmige Teil des Sägeblattes in das Substrat sägt,  
- Vereinzeln des Wafers entlang der Sägeschnitte und  
- Weiterverarbeiten des vereinzelten Bauelements.

25

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem das Vereinzeln durch ein Brechverfahren oder einen zweiten Sägeschnitt erfolgt.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, bei dem Metallkontakte vor dem Einsägen von der Substratrückseite her auf den  
30 freien Oberflächen des Substrats bzw. der Mehrschichtstruktur hergestellt werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14,  
35 bei dem das Einsägen mit einem Sägeblatt mit v-förmigem Rand erfolgt.

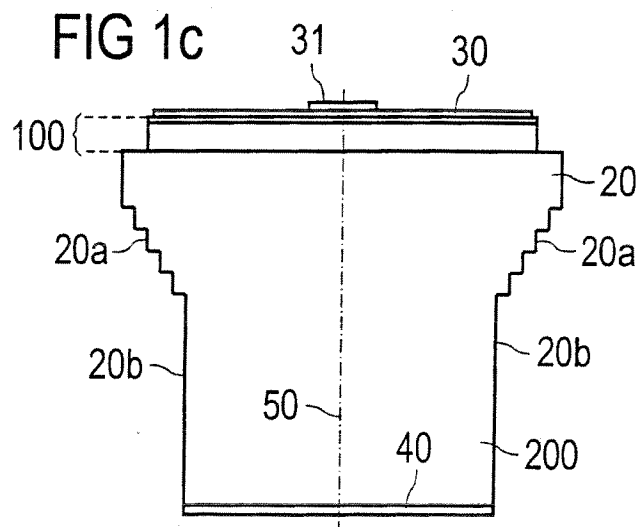
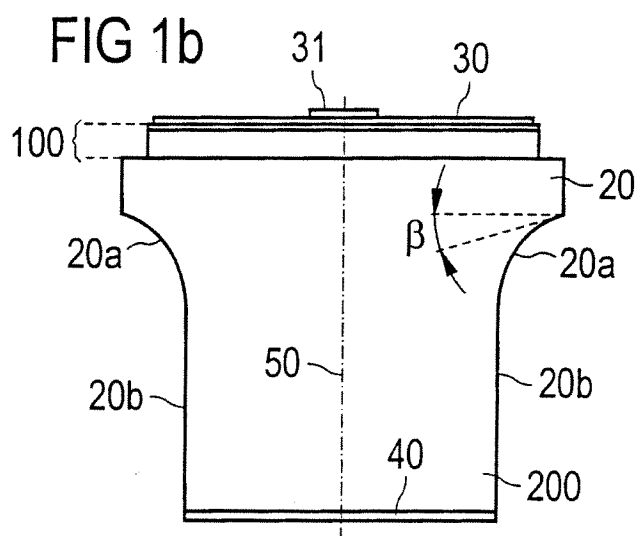
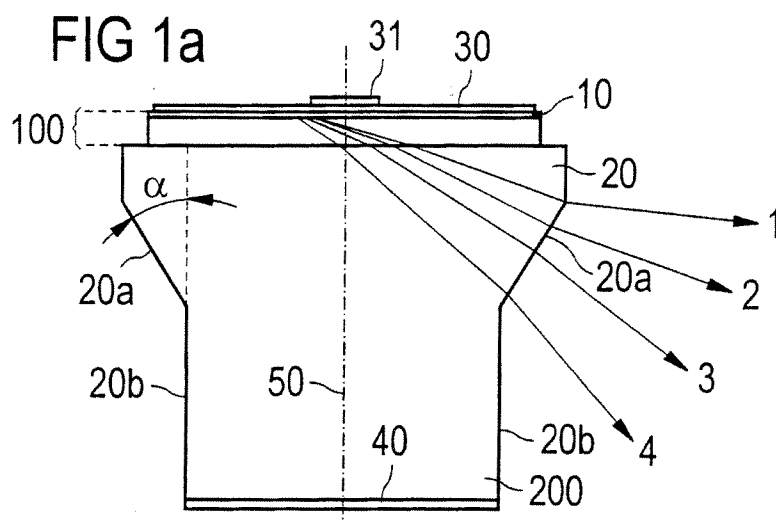


FIG 2a  
Stand der Technik

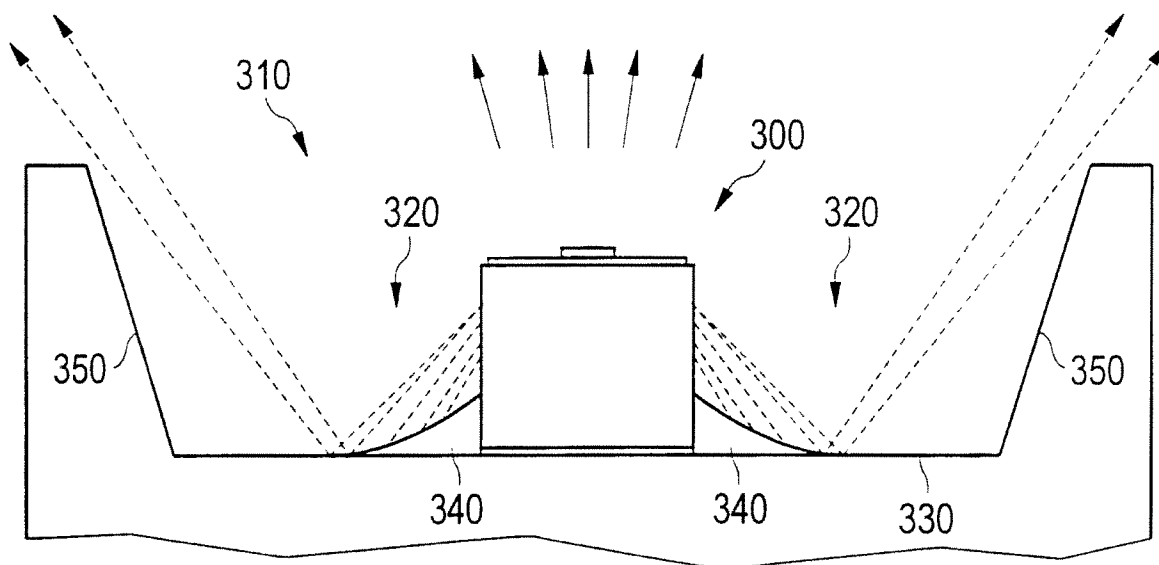
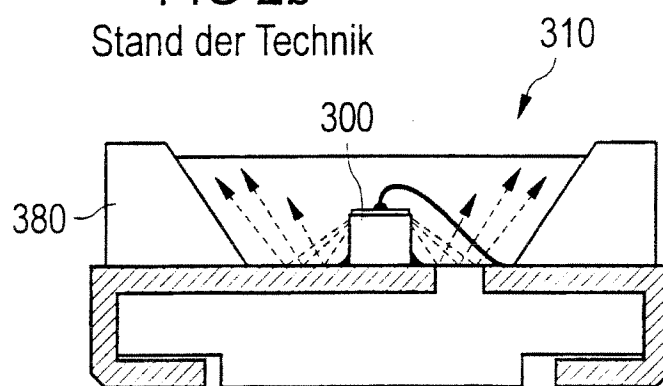
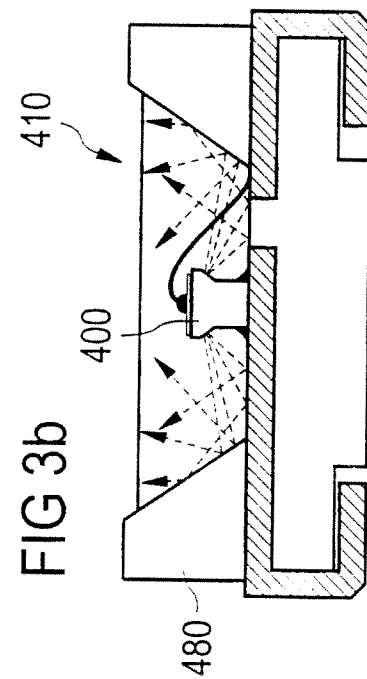
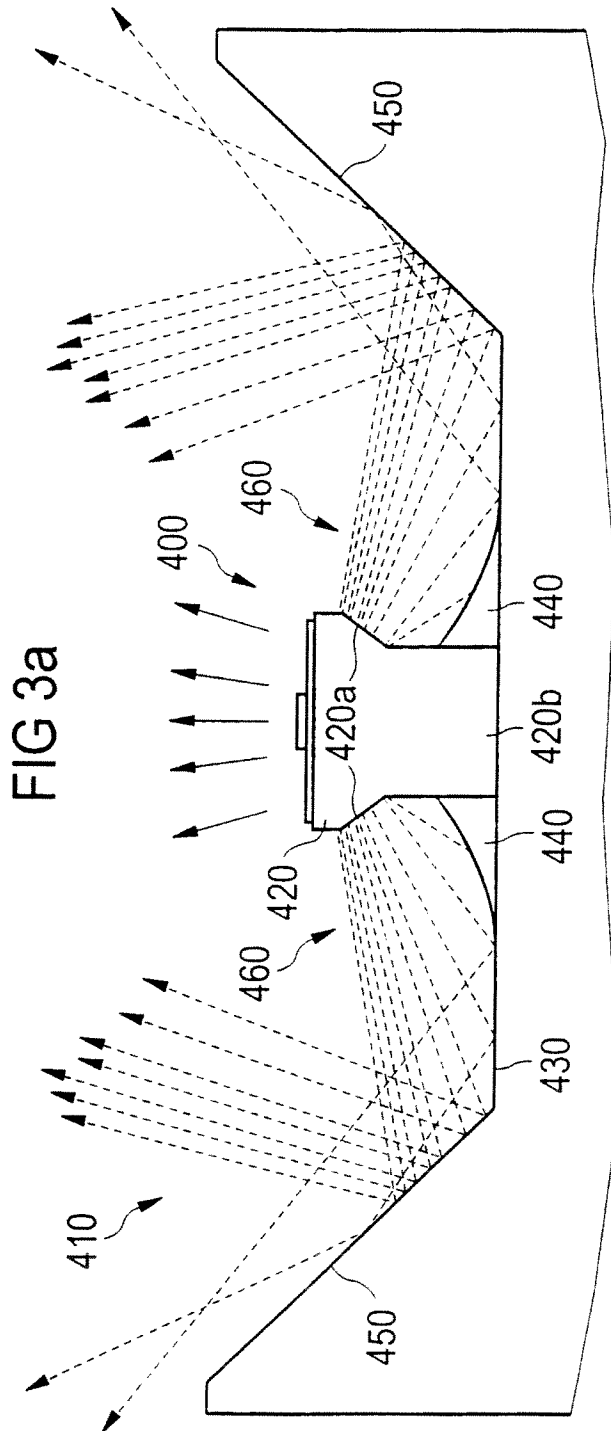


FIG 2b  
Stand der Technik





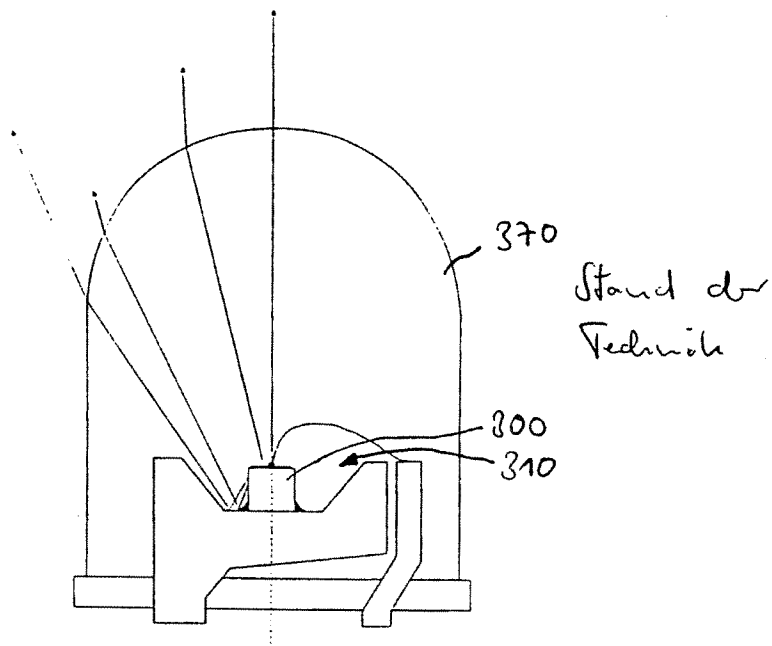


Fig. 2c

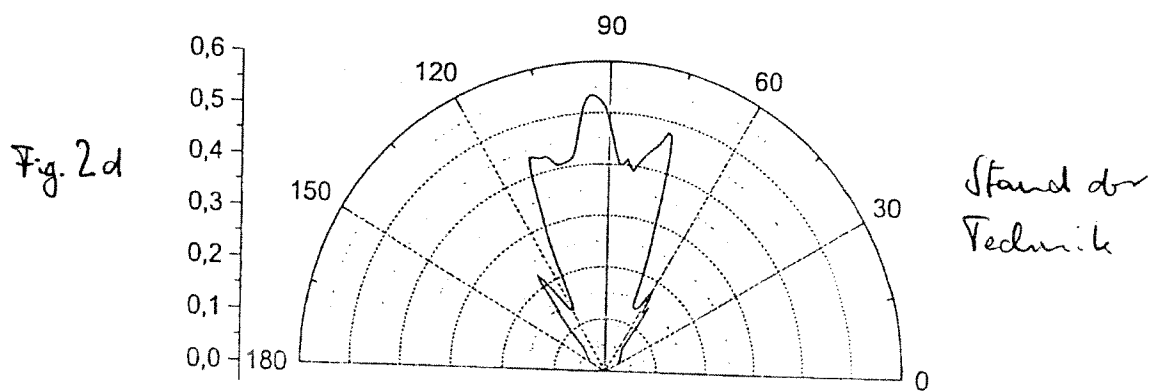


Fig. 2d

Abstrahlcharakteristik einer 5mm Radial-Bauform mit herkömmlichem Chip.

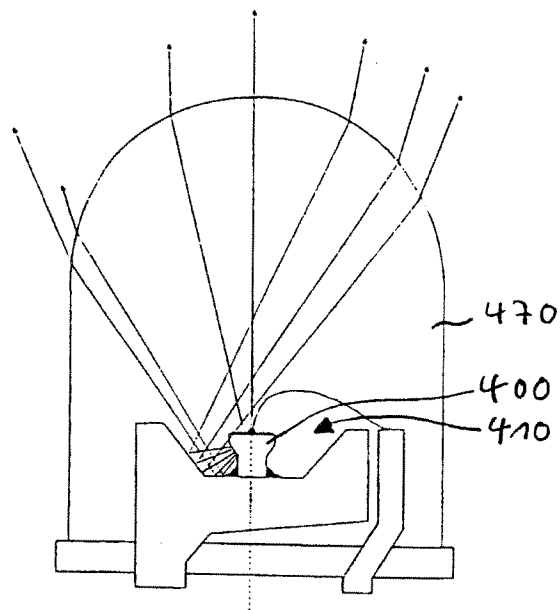
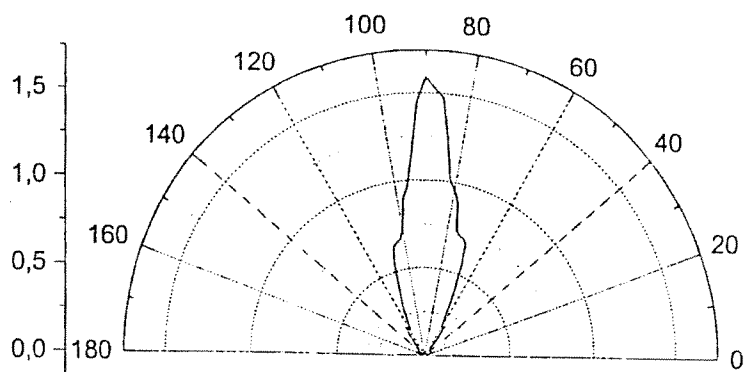


Fig. 3c



Abstrahlcharakteristik einer 5mm Radial-Bauform mit erfindungsgemäßem Chip.

Fig. 3d

FIG 2e  
Stand der Technik

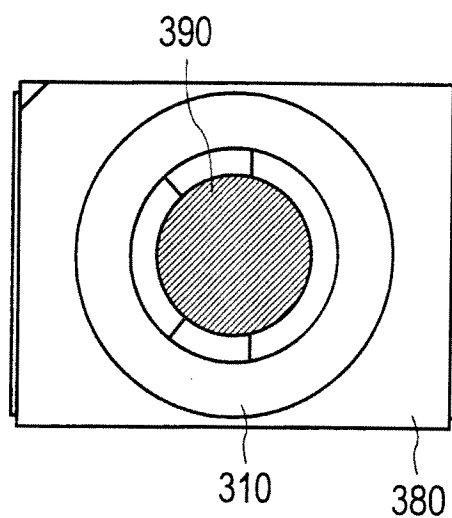


FIG 3e

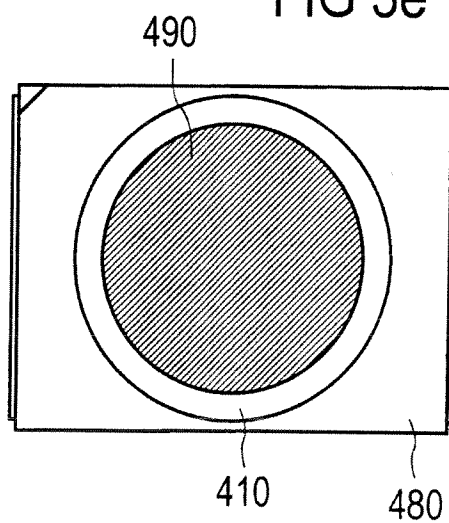


FIG 4a

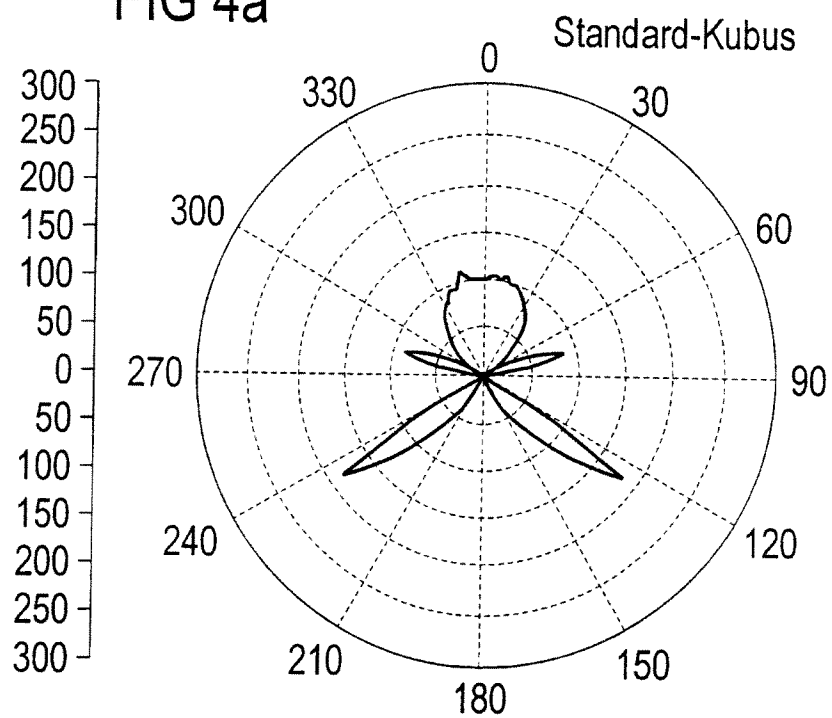


FIG 4b

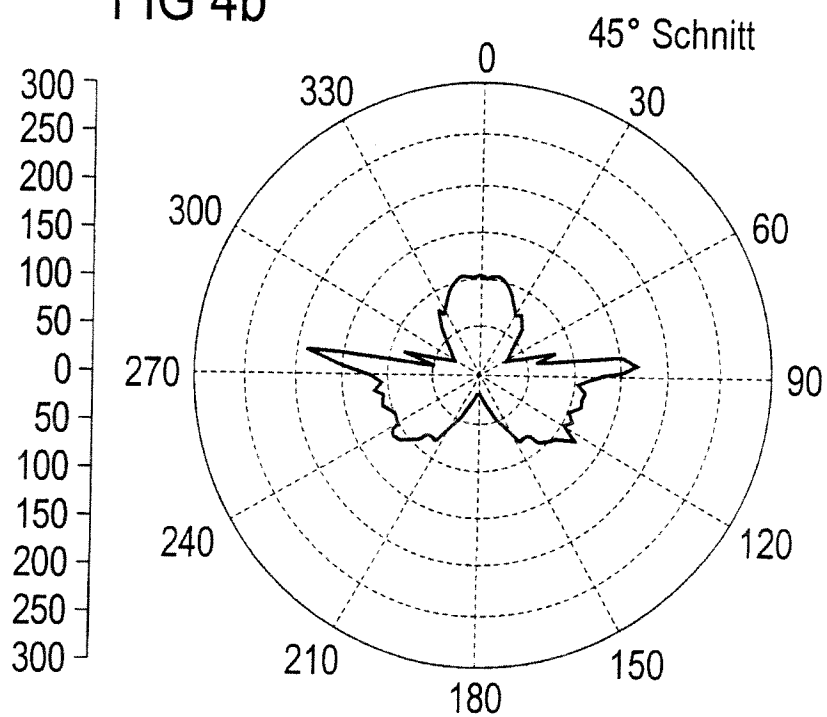


Fig. 4a

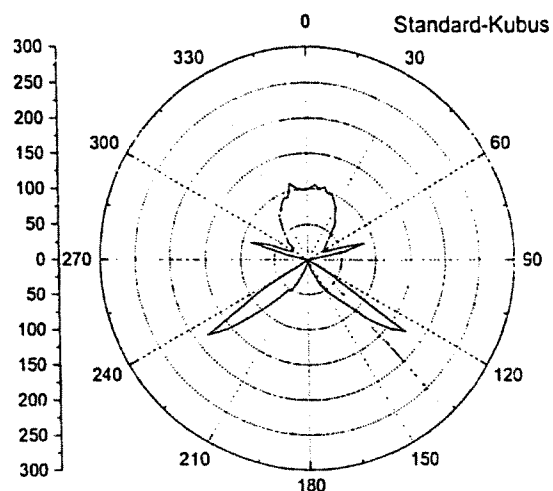


Fig. 4b

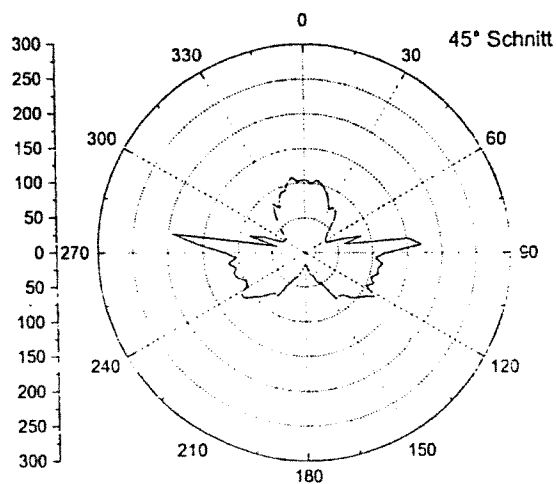
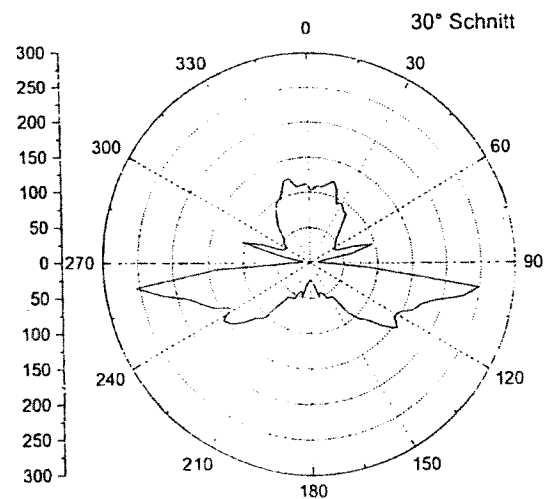
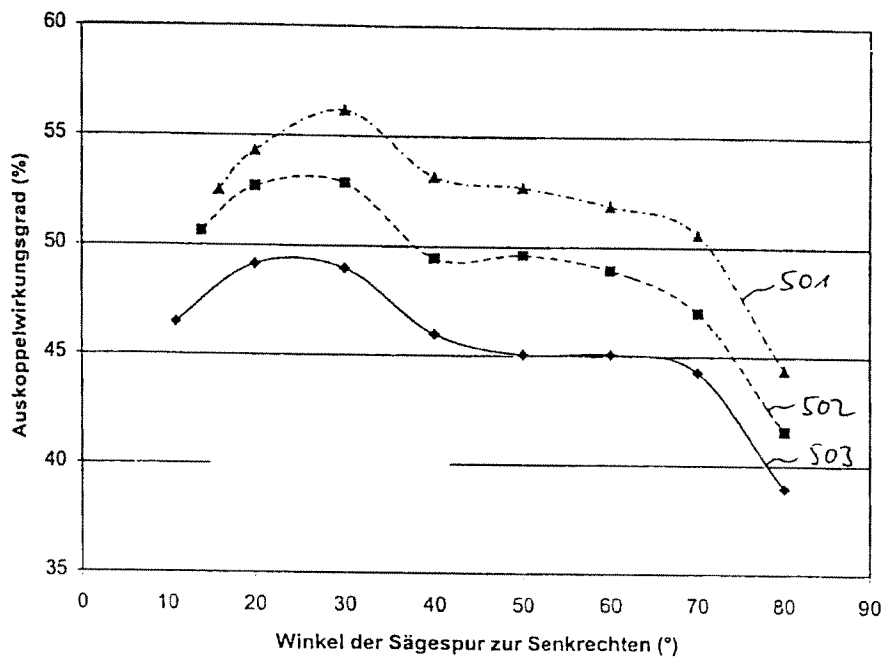


Fig. 4c





Optischer Auskoppelwirkungsgrad des erfindungsgemäßen Chips für verschiedene Winkel der Schräge berechnet mittels eines realitätsnahen Raytracing-Modells für ein erfindungsgemäßes Bauelement.

Fig. 5

Fig. 6

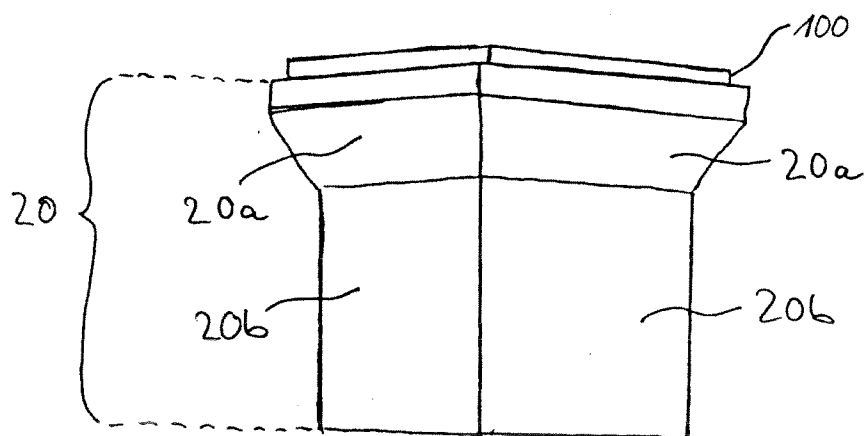
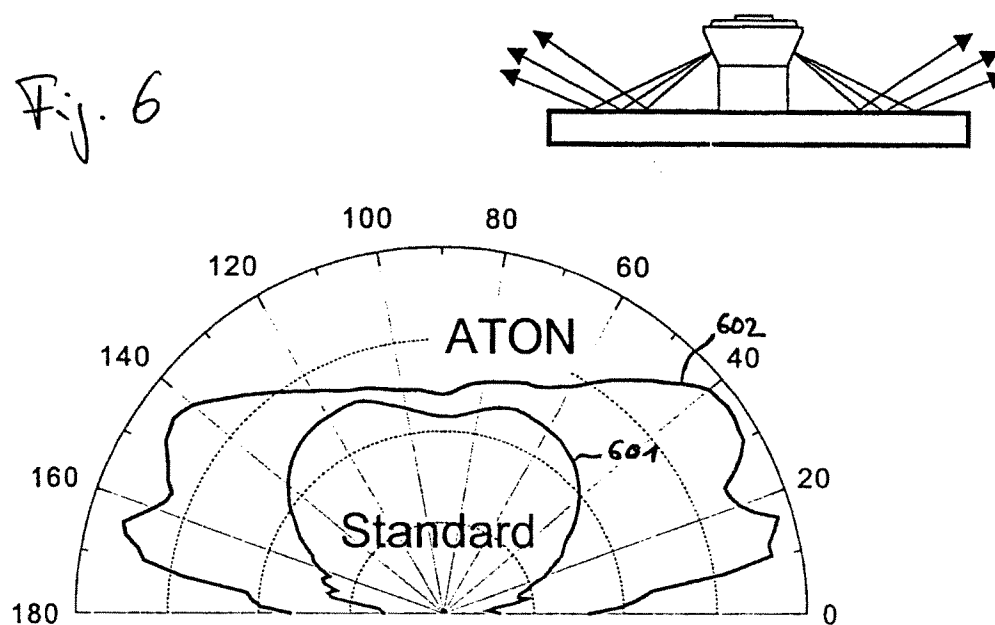


Fig. 12

FIG 7

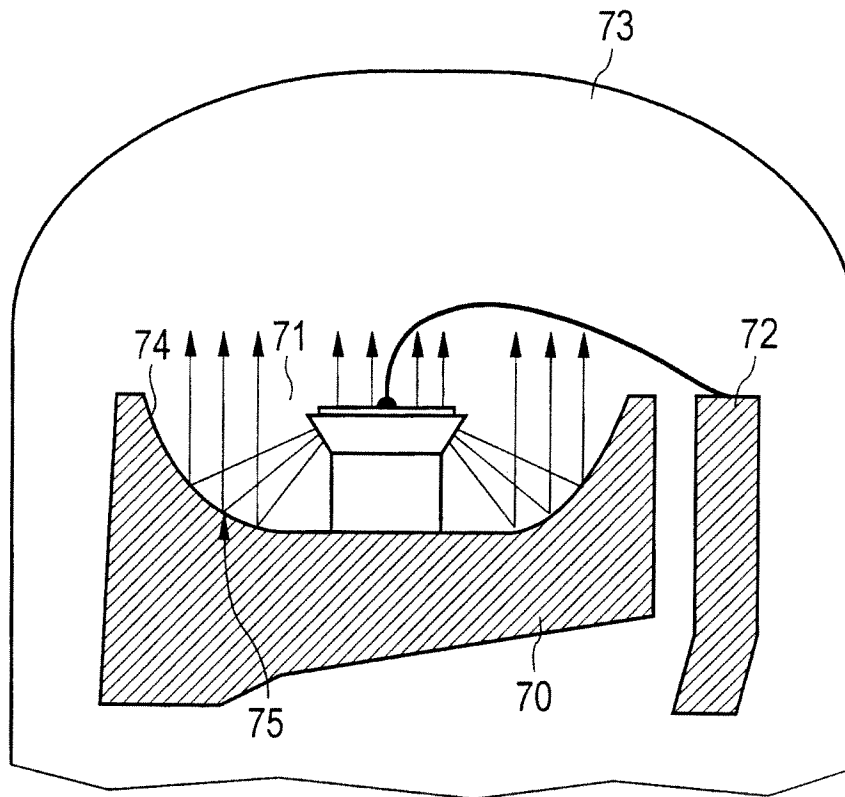


FIG 8

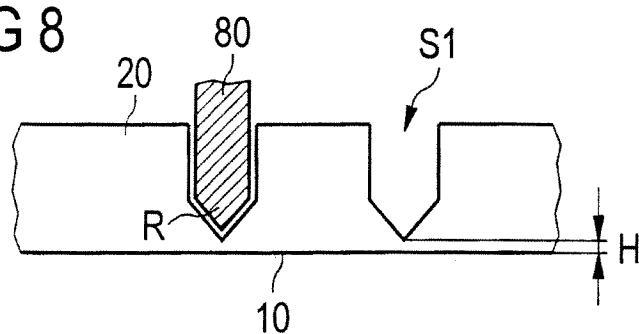


FIG 9

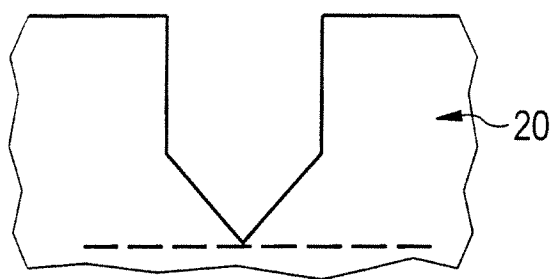


FIG 10

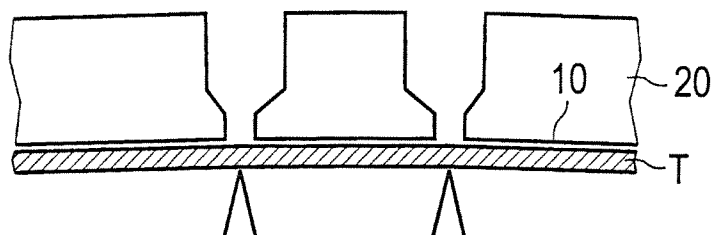
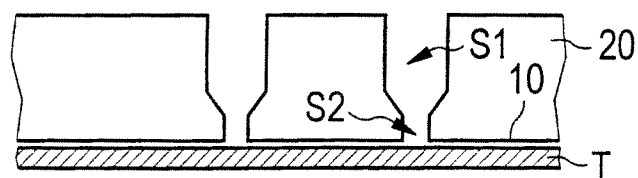


FIG 11



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/04269

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 084 (E-239), 18 April 1984 (1984-04-18) & JP 59 004088 A (TOKYO SHIBAURA DENKI), 10 January 1984 (1984-01-10)	1-4, 6, 12, 14, 15
A	abstract	5, 8, 9
X	DE 41 30 878 A (TELEFUNKEN ELECTRONIC) 25 March 1993 (1993-03-25)	1-5, 9-11
Y	the whole document	6, 8, 12-15
Y	EP 0 405 757 A (HEWLETT PACKARD CO) 2 January 1991 (1991-01-02) the whole document	6, 8, 12-15
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 May 2001

Date of mailing of the international search report

29/05/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

van der Linden, J.E.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internati Application No  
PCT/DE 00/04269

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 06, 31 July 1995 (1995-07-31) -& JP 07 086635 A (DAIDO STEEL CO), 31 March 1995 (1995-03-31)	1,2
A	paragraphs '0012!-'0034!; figure 12 ---	5,9
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 108 (E-1179), 17 March 1992 (1992-03-17) & JP 03 283675 A (TOSHIBA CORP), 13 December 1991 (1991-12-13)	1,5,6
A	abstract ---	9
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 144 (E-1521), 10 March 1994 (1994-03-10) & JP 05 327012 A (SANYO ELECTRIC CO), 10 December 1993 (1993-12-10)	1-6,9-11
	abstract ---	
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 08, 30 August 1996 (1996-08-30) & JP 08 102549 A (ROHM CO LTD), 16 April 1996 (1996-04-16)	1-6,9-11
	abstract ---	
A	EP 0 562 880 A (NIPPON ELECTRIC CO) 29 September 1993 (1993-09-29) the whole document ---	1,2,5,6, 8,12-14
A	US 4 965 223 A (STERANKA F) 23 October 1990 (1990-10-23) the whole document ---	1-3,5,12
A	US 5 779 924 A (KISH F ET AL) 14 July 1998 (1998-07-14) figure 11 ---	1-3,5,8
A	DE 44 27 840 A (OSA ELEKTRONIK GMBH) 1 February 1996 (1996-02-01) example 3 ---	1,2,5,12
A	EP 0 779 667 A (OKI ELECTRIC IND) 18 June 1997 (1997-06-18) the whole document -----	1-3,6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/04269

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 59004088 A	10-01-1984	NONE	
DE 4130878 A	25-03-1993	NONE	
EP 0405757 A	02-01-1991	JP 3035568 A US 5087949 A	15-02-1991 11-02-1992
JP 07086635 A	31-03-1995	NONE	
JP 03283675 A	13-12-1991	JP 2874948 B	24-03-1999
JP 05327012 A	10-12-1993	NONE	
JP 08102549 A	16-04-1996	NONE	
EP 0562880 A	29-09-1993	DE 69312360 D DE 69312360 T JP 6013650 A US 5349211 A	28-08-1997 20-11-1997 21-01-1994 20-09-1994
US 4965223 A	23-10-1990	US 4864371 A EP 0316613 A JP 1161782 A	05-09-1989 24-05-1989 26-06-1989
US 5779924 A	14-07-1998	DE 19709228 A GB 2311413 A,B JP 10004209 A SG 54385 A	25-09-1997 24-09-1997 06-01-1998 16-11-1998
DE 4427840 A	01-02-1996	NONE	
EP 0779667 A	18-06-1997	JP 9223818 A US 5869848 A	26-08-1997 09-02-1999

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. Aktenzeichen

PCT/DL 00/04269

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01L33/00

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 084 (E-239), 18. April 1984 (1984-04-18) & JP 59 004088 A (TOKYO SHIBAURA DENKI), 10. Januar 1984 (1984-01-10)	1-4, 6, 12, 14, 15
A	Zusammenfassung	5, 8, 9
X	DE 41 30 878 A (TELEFUNKEN ELECTRONIC) 25. März 1993 (1993-03-25)	1-5, 9-11
Y	das ganze Dokument	6, 8, 12-15
Y	EP 0 405 757 A (HEWLETT PACKARD CO) 2. Januar 1991 (1991-01-02) das ganze Dokument	6, 8, 12-15
	--- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Mai 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

29/05/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

van der Linden, J.E.

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 06, 31. Juli 1995 (1995-07-31) -& JP 07 086635 A (DAIDO STEEL CO), 31. März 1995 (1995-03-31)	1,2
A	Absätze '0012!-'0034!; Abbildung 12 ----	5,9
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 108 (E-1179), 17. März 1992 (1992-03-17) & JP 03 283675 A (TOSHIBA CORP), 13. Dezember 1991 (1991-12-13)	1,5,6
A	Zusammenfassung ----	9
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 144 (E-1521), 10. März 1994 (1994-03-10) & JP 05 327012 A (SANYO ELECTRIC CO), 10. Dezember 1993 (1993-12-10) Zusammenfassung ----	1-6,9-11
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 08, 30. August 1996 (1996-08-30) & JP 08 102549 A (ROHM CO LTD), 16. April 1996 (1996-04-16) Zusammenfassung ----	1-6,9-11
A	EP 0 562 880 A (NIPPON ELECTRIC CO) 29. September 1993 (1993-09-29) das ganze Dokument ----	1,2,5,6, 8,12-14
A	US 4 965 223 A (STERANKA F) 23. Oktober 1990 (1990-10-23) das ganze Dokument ----	1-3,5,12
A	US 5 779 924 A (KISH F ET AL) 14. Juli 1998 (1998-07-14) Abbildung 11 ----	1-3,5,8
A	DE 44 27 840 A (OSA ELEKTRONIK GMBH) 1. Februar 1996 (1996-02-01) Beispiel 3 ----	1,2,5,12
A	EP 0 779 667 A (OKI ELECTRIC IND) 18. Juni 1997 (1997-06-18) das ganze Dokument -----	1-3,6

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, zur selben Patentfamilie gehören

Internatio : Aktenzeichen

PCT/DE 00/04269

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 59004088 A	10-01-1984	KEINE	
DE 4130878 A	25-03-1993	KEINE	
EP 0405757 A	02-01-1991	JP 3035568 A US 5087949 A	15-02-1991 11-02-1992
JP 07086635 A	31-03-1995	KEINE	
JP 03283675 A	13-12-1991	JP 2874948 B	24-03-1999
JP 05327012 A	10-12-1993	KEINE	
JP 08102549 A	16-04-1996	KEINE	
EP 0562880 A	29-09-1993	DE 69312360 D DE 69312360 T JP 6013650 A US 5349211 A	28-08-1997 20-11-1997 21-01-1994 20-09-1994
US 4965223 A	23-10-1990	US 4864371 A EP 0316613 A JP 1161782 A	05-09-1989 24-05-1989 26-06-1989
US 5779924 A	14-07-1998	DE 19709228 A GB 2311413 A,B JP 10004209 A SG 54385 A	25-09-1997 24-09-1997 06-01-1998 16-11-1998
DE 4427840 A	01-02-1996	KEINE	
EP 0779667 A	18-06-1997	JP 9223818 A US 5869848 A	26-08-1997 09-02-1999